

Aus dem Hygiene-Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
(Direktor: Prof. Dr. W. Ritzerfeld)

Schwermetallbelastung in Oberflächengewässern und Sedimenten im Münsterland

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Fachbereiche
5. Vorklinische und Theoretische Medizin und
6. Klinische Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Herbert Höna
aus Pömmeler / Aussig

1981

Aus dem Hygiene-Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
(Direktor: Prof. Dr. W. Ritzerfeld)

Schwermetallbelastung in Oberflächengewässern und Sedimenten im Münsterland

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Fachbereiche
5. Vorklinische und Theoretische Medizin und
6. Klinische Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Herbert Höna
aus Pömmeler / Aussig

1981

Dekan: Prof. Dr. Themann

1. Berichterstatter Prof. Dr. Bösenberg

2. Berichterstatter Prof. Dr./Priv.-Doz. Dr. Ritzerfeld

Tag der Promotion: 12.1.1981



Referent

Korreferent

Prof. Dr. Bösenberg

Prof. Dr. Ritzerfeld

Z u s a m m e n f a s s u n g

Herbert Höna

Schwermetallbelastung der Oberflächengewässer und Sedi-
menten im Münsterland.

Im Rahmen einer zunehmenden Umweltverschmutzung wurde der Frage nachgegangen, inwieweit einige Oberflächengewässer im Raum Münster durch Schwermetalle belastet sind. Dazu wurde an mehreren Stellen des Oberflächengewässers Wasser und gleichzeitig Sediment entnommen und nach entsprechender Aufarbeitung der Proben die Schwermetalle atomabsorptionsspektographisch nachgewiesen. Belastungspunkte des Wassers wurden nur in der Werse und der Ibbenbürener Aa gefunden. Hier konzentrieren sich die Schwermetallgehalte in den Industriegebieten bei Beckum, Aalen und Ibbenbüren. Hauptmetalle sind hier Zink, Blei, Cadmium und Nickel; in der Ibbenbürener Aa sind Eisen, Mangan, Chrom, Kobalt und Nickel vorherrschend. Die Belastungen der Sedimente korrelieren größtenteils mit denen des Wassers. Hier sind wiederum der Siegenbach als Quellfluß der Werse (Zink, Blei, Cadmium, Chrom und Nickel) und die Ibbenbürener Aa (Zink, Blei, Kupfer, Chrom und Nickel) zu nennen. Weitere sedi-

mentäre Schwermetallbelastungen finden sich in der Münsterschen Aa (Zink, Blei und Kupfer), in der Steinfurter Aa (Blei, Kupfer und Chrom), im Unterlauf des Emmerbaches (Blei und Kupfer) sowie in der Vechte bei Wellbergen (Blei und Kupfer).

Weiterhin konnte fast immer der Nachweis erbracht werden, daß die Schwermetallbelastung mit der entsprechenden schwermetallverarbeitenden Industrie zusammenhängt. In allen anderen untersuchten Oberflächengewässern und Sedimenten sind die Schwermetallgehalte so niedrig, daß von einer Belastung nicht gesprochen werden kann.

Tag der Promotion: 12.1.1981

INHALTSVERZEICHNIS

A. EINLEITUNG	Seite
Schwermetalle in der belebten und unbelebten Natur	1
 B. MATERIAL UND METHODEN	
1. Entnahme der Proben und Stabilisierung	8
2. Anreicherung	8
3. Extraktion	9
4. Aufarbeitung der Sedimente	9
5. Messung	9
 C. ERGEBNISSE	
1. Münstersche Aa	11
2. Stever	18
3. Werse	26
4. Bever	34
5. Steinfurter Aa	41
6. Emsdettener Mühlenbach	48
7. Ibbenbürener Aa	53
8. Emmerbach	60
9. Glane	65
10. Gellenbach	68
11. Vechte	71
 D. DISKUSSION	74
E. ZUSAMMENFASSUNG	95
F. LITERATURVERZEICHNIS	97



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555408_0061

A: EINLEITUNG

Schwermetalle in der belebten und unbelebten Natur.

Von den Elementen des Periodensystems sind über 60 als Schwermetalle aufzufassen. Ein Großteil dieser Schwermetalle wird in immer größerem Umfang industriell genutzt. Mit diesem Ausbau der Metalltechnologie wird aber zwangsläufig auch unsere Umwelt in Mitleidenschaft gezogen. Umweltbelastung durch Schwermetalle ist deshalb heute mehr denn je ein ernst zu nehmender Faktor im Rahmen des Umweltschutzes. Ein Teil der Schwermetalle ist für den Stoffwechsel essentiell (z.B. Eisen, Zink, Mangan, Kupfer, Kobalt), während andere wiederum als starke und stärkste Gifte das biologische System bedrohen. Dabei kommt es in der Regel nicht allein auf die seltenen akuten Vergiftungsfälle an, sondern auf die, welche durch chronische Aufnahme von Schwermetallmengen bedingt sind. Auch für die biologisch essentiellen Schwermetalle liegen die Grenzen zwischen Mangelversorgung und Toxizität sehr eng beieinander. Darüber hinaus muß nach HABERER und NORMANN (1972) bei Anwesenheit mehrerer Schwermetalle mit Additionswirkung oder sogar mit Potenzierung der biologischen Aktion auf den Organismus gerechnet werden. In diesen Fällen kann es zur Intoxikation durch Schwermetalle kommen, obwohl die einzelnen Metalle nur in toxisch unterschwelligem Dosen vorhanden sind (Synergismus). Die Schwermetalle werden dem Menschen lebenslang zugeführt, und deshalb ist die Frage nach der Konzentration der Kontaminations-

quelle von entscheidender Bedeutung.

Eine ständige Aufnahmequelle für Schwermetallionen stellt z.B. das Trinkwasser dar. Nach den Ermittlungen des Battelle-Instituts wird sich der Wasserverbrauch aller Abnehmergruppen, der 1969 bei 27 Mrd m^3 lag, auf 44 Mrd m^3 im Jahre 2000 steigern. Gleichzeitig erhöht sich der Haushaltsverbrauch (Trinkwasserqualität) im selben Zeitraum von 2.6 Mrd m^3 auf 4.7 Mrd m^3 Wasser. Durch diesen progressiven Bedarf werden die Wasserversorgungsbetriebe in zunehmenden Maße gezwungen, für die Trink- und Brauchwassergewinnung auf Oberflächenwasser zurückzugreifen. Dem gegenüber steht die Tatsache, daß der Mensch in immer größerem Ausmaß die Flüsse für die Abfallbeseitigung mißbraucht. Es ergibt sich nun die widersprüchliche Situation, daß aus Flüssen, in die immer größere Mengen Abwasser mit hohem Schadstoffgehalt ungereinigt eingeleitet werden, mehr und mehr Brauchwasser von guter bis Trinkwasserqualität gewonnen werden muß. So wird z.B. aus dem Rhein, einem der am stärksten verschmutzten Flüsse Europas, Trinkwasser für 20 Millionen Menschen geliefert, wobei die im Rheinwasser gelösten Schwermetalle gerade noch unter den zulässigen Höchstgrenzen liegen, die für die Trinkwassergewinnung tragbar sind (ANONYMUS 1977). Deshalb wird die Wasseranalytik und in zunehmendem Maße die Bestimmung der Schwermetallionen, zur Umweltanalytik.

In einer Untersuchung von HABERER und NORMANN aus dem Jahre 1972 wird dem Problem der Entfernung von Spurenelementen bei der Trinkwasseraufbereitung nachgegangen. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß die Trinkwasseraufbereitungsverfahren in ihrer Wirksamkeit gegenüber den einzelnen Spurenelementen sehr verschieden und eine Entfernung bei der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung teilweise nur unvollständig erfolgt.

Eine der möglichen Verunreinigungen der Oberflächengewässer stellt die Einleitung von Abwässern aus der metallverarbeitenden und hier im besonderen der galvanischen Industrie dar. Die Entgiftung dieser Abwässer wird dadurch erschwert, daß der Schwerpunkt dieses Industriezweiges im Bereich der Klein- und Kleinstbetriebe liegt (KOPPE 1973).

Durch die Aufnahme schwermetallhaltiger Verbindungen kommt es nach DIETZ (1972) zur Anreicherung bzw. Speicherung im biologischen System. In einem Zeitraum von sechs Jahren untersuchte er die Anreicherung von Schwermetallen in submersen Pflanzen. Er kommt dabei zu dem Ergebnis, daß zwischen der Schwermetallkonzentration im Wasser und dem Schwermetallgehalt in der Pflanze ein proportionaler Zusammenhang besteht. Weiterhin folgert er, daß die Konzentration von Spurenelementen in Wasserpflanzen eine brauchbare Größe darstellt, um die Durchschnittskonzentrationen dieser Stoffe in einem Gewässer zu ermitteln.

Tabelle 1: Mittlere artspezifische Anreicherungs faktoren für Schwermetalle in Wasserpflanzen;

nach DIETZ (1972)

	Eisen	Mangan	Zink	Nickel	Kupfer	Blei
Höhere Pflanzen						
<i>Ranunculus fluitans</i>	210	1420	2000	330	350	575
<i>Nuphar luteum</i>	100	1400	165	550	78	100
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	580	730	400	120	220	290
<i>Myriophyllum</i>	460	1000	1400	320	870	182
Moose						
<i>Fontinalis antipyretica</i>	3000	20800	9400	1500	1050	3200
<i>Hygroamblystegium</i>	3200	15300	2500	770	2800	4600

Nicht nur das Wasser selbst ist als Lieferant von Spurenelementen anzusehen; daß es gerade über die Nahrungskette zu einer Intoxikation des Menschen kommen könnte, bewiesen unter vielen anderen Untersuchungen auch die von MÜLLER und FÖRSTNER (1973). Sie fanden in Neckarfischen eine starke Anreicherung von Cadmium, so daß z.B. Fische aus dem Neckarbereich Enzmündung-Kirchheim (und noch 10 km stromabwärts) wegen ihres hohen Cadmiumgehaltes für den menschlichen Verzehr nicht geeignet waren. SCHULZ-BALDES fand 1972 in der Miesmuschel Bleianreicherungen zwischen 8000 und 40 000.

1955 kam es im Gebiet des Jintsu-Flusses in Japan bei der dort lebenden Bevölkerung zu zunächst unerklärlichen Krankheitssymptomen. Durch Calciumverarmung innerhalb der Knochen resultierten äußerst schmerzhaftes Skelettschrumpfen (Itai-Itai-Erkrankung). Erst 15 Jahre später konnte durch KOBAYASHI (1971) ein kausaler Zusammenhang mit den Cadmiumanreicherungen im Gewässer nachgewiesen werden. Das Cadmium stammte aus einem stillgelegten Zinkbergwerk, aus dessen Abraum es durch das Flußwasser herausgewaschen wurde. Das Wasser des Jintsu-Flusses wiederum wurde zum Bewässern der Reis- und Gemüsegärten benutzt. Ein anderes Beispiel ist die Minamata-Erkrankung, die in der Umgebung der südjapanischen Industriestadt Minamata auftrat. Durch Verzehr von Fischen und Schalentieren, die Quecksilber stark angereichert hatten, kam es zur chronischen Intoxika-

tion mit teilweise tödlichem Ausgang. Von der dortigen Industrie waren in diesem Zeitraum große Mengen Quecksilberverbindungen mit dem Abwasser in die Bucht abgelassen worden (DEGENHARD 1972; HARADA u. SMITH 1975).

In Deutschland kam es Anfang der sechziger Jahre in Stolberg bei Aachen zu Viehsterben. Als Ursache fand man einen extrem hohen Bleigehalt im Gras. Das Blei stammte aus den vielen Bleihütten in Stolberg. 1972 verendeten in Nordenham an der Weser Kühe und Ferkel, als ein Schornsteinfilter eines großen Hüttenwerkes ausfiel. Auch hier starben die Tiere durch die Aufnahme bleiverseuchten Grases (KOCH und VAHRENHOLT 1978).

Diese Beispiele mögen zeigen, daß Schwermetalle in unserer Umgebung und der damit verbundenen ökologischen Belastung zu einer ernsten Gefahr werden können. Ursache und Wirkung zeigen sich deutlich. Nach HABERER und NORMANN (1972) schädigen Schwermetalle in höheren Konzentrationen durch ihre toxische Wirkung auf Mikroorganismen die biologische Selbstreinigung eines Gewässers. Dadurch werden die Lebensvorgänge im Gewässerbiotop gestört. Die ökologischen Folgen bestehen in einer Hemmung der normalen Lebensmöglichkeiten z.B. für Fische.

Bis vor etwa zehn Jahren wurden die Oberflächengewässer und das Trinkwasser nur relativ selten auf

Schwermetallspuren untersucht. Der technische und zeitliche Aufwand war groß und konnte nur wissenschaftlichen Zwecken vorbehalten bleiben (HABERER 1972). Erst durch den Einsatz moderner Untersuchungsmethoden war es möglich, Spurenelemente schnell, kostengünstig und ausreichend genau zu bestimmen.

In der Wasserabteilung des Hygiene-Instituts der Universität Münster ist die wasseranalytische Bestimmung von Schwermetallspuren zu einem Forschungsschwerpunkt geworden.

Aufgabe dieser Arbeit war es, in Gewässern der nächsten Umgebung von Münster durch Wasser- und Sedimentuntersuchungen Schwermetalle nachzuweisen, Belastungspunkte aufzuzeigen und Beziehungen zwischen dem Schwermetallgehalt und den darauf einflußnehmenden Umweltfaktoren (Industrie, Bevölkerungsdichte) herzustellen.

B: MATERIAL UND METHODEN

1. Entnahme der Proben und Stabilisierung

Um Schwermetallspurenanalysen durchzuführen, muß gewährleistet sein, daß keine Kontamination des Flußwassers und des Sediments mit Schwermetallspuren durch die benötigten Behältnisse und Chemikalien erfolgt. Alle verwendeten Laborgeräte wurden mit Salzsäure behandelt, mehrfach mit demineralisiertem und zuletzt mit bidestilliertem Wasser gespült.

Als Behältnisse dienten auf diese Weise gereinigte Polyäthylenflaschen. Die Flaschen wurden vor der Entnahme der Probe zweimal mit Flußwasser durchgespült. An der Entnahmestelle wurde, sofern die Möglichkeit bestand, Sediment durch Schöpfen mit einem Glasgefäß entnommen. Die Wasserproben wurden mit 10 ml konz. Salpetersäure (Merck 456, mit Dithizon geprüft zur Analyse) versetzt und auf diese Weise stabilisiert. Mit dem WTW-Leitfähigkeitsmeßgerät wurde an der Entnahmestelle die Leitfähigkeit gemessen.

2. Anreicherung

Um die teilweise in sehr niedriger Konzentration vorhandenen Schwermetallionen atomabsorptionsspektrophotometrisch noch erfassen zu können, wurden 500 ml

der angesäuerten Wasserproben auf 50 ml eingedampft und in einen 50 ml Meßkolben übergeführt = LÖSUNG A.

3. Extraktion

40 ml der Lösung A wurden mit 5 ml Acetatpuffer (1 M Acetatpuffer pH 4,5) versetzt und der pH mit 5 bzw. mit 0,5 N NaOH auf einen Wert von 4,5 eingestellt. Anschließend wurden 5 ml eines Komplexbildners (je 1 g Ammoniumpyrrolidindithiocarbaminat (APDC), Merck 7495 und Natriumdiäthylthiocarbaminat (DDC), Merck 6689 in 100 ml bidestilliertem Wasser gelöst) zugegeben. Nun wurde zweimal, zuerst mit 10 ml Methylbutylisoketon (MBIK) und nochmals mit 2 ml MBIK ausgeschüttelt. Die organischen Phasen wurden vereinigt und dienten zur Messung = LÖSUNG B.

4. Aufarbeitung der Sedimente

Die Sedimente wurden ca. 24 Stunden bei 80°C getrocknet, gemörsert und gesiebt. Jeweils 1 g Sediment wurde eingewogen, mit 50 ml 1 N Salzsäure (Merck 319) erhitzt und auf etwa 20 ml eingedampft. Diese Lösung wurde filtriert, mit bidestilliertem Wasser auf 50 ml aufgefüllt und zur Messung verwendet.

5. Messung

Die Bestimmung der Schwermetalle im Oberflächenwasser

erfolgte atomabsorptionsspektralphotometrisch mit dem AAS PYE UNICAM SP 1900. Mittels Multielementstandards wurden Eichkurven erstellt und damit der Gehalt an Schwermetallen bestimmt.

Aus der Lösung A wurden die Schwermetalle Eisen, Zink und Mangan direkt der Messung im AAS zugeführt.

C. ERGEBNISSE

1. Münstersche Aa

Die Aa entspringt zwischen dem Nordausläufer der Baumberge und dem Südabhang der Altenberge. Sie entsteht aus mehreren Quellen zwischen dem Krummerbach und Langsbach im Süden und dem Hummerbach im Norden. Sie durchfließt die Ebene bei Hohenholte und nimmt von rechts den Schlautbach und von links den Krummerbach auf. Bei Münster verändert sie ihre Richtung nach Norden, und hier fließt ihr noch der Meckelbach zu. In Münster erweitert sich die Aa zum Aasee und verläßt die Stadt in fast nördlicher Richtung und mündet nach einer Gesamtlänge von 28 km bei Greven in die Ems.

Insgesamt wurden acht Wasserproben und sechs Sedimentproben entnommen. Die ersten drei Proben wurden am 11.8.1977 in der Zeit von 8.30 Uhr bis 10.00 Uhr, die restlichen Wasser- und Sedimentproben am 1.9.1977 zwischen 8.00 Uhr und 9.30 Uhr entnommen.

Probeentnahmestellen:

1. Quelle Sicker;
2. Brücke Hohenholte;
3. Nach Hohenholte, Klostermühle;

4. Altenroxel Straßenbrücke;
5. Aasee, Segelschule;
6. Münster Coerde bei Gut Nevinghoff;
7. Sprakel, Kreuzung der B 219 mit Autobahn und
Eisenbahn;
8. Mündung in die Ems;

Tabelle 2: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Münterschen Aa

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	910	70	40	26.5	0.8	7.6	2.5	1.2	4.6	1063.2	83.2	780
2	170	70	20	4.2	1.2	4.4	3.6	1.0	5.0	279.4	39.4	690
3	200	80	30	4.2	1.2	3.0	2.5	1.2	7.0	329.1	49.1	720
4	115	35	17	5.0	0.5	4.0	0.5	0.5	4.4	180.4	30.4	750
5	100	35	17	3.0	0.5	9.2	0.5	0.5	4.4	168.6	33.6	630
6	205	35	26	8.0	0.5	12.6	0.5	0.5	4.4	291.0	51.0	660
7	395	108	26	5.0	0.5	12.6	0.5	3.0	5.6	555.2	52.2	740
8	450	143	29	8.0	1.4	20.4	0.5	0.5	5.6	657.4	64.4	800

Zeichenerklärung: P

= Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Auffällig ist der hohe Bleigehalt der Quelle mit über 26 $\mu\text{g/l}$.

Die typischen Werte für Blei liegen bei 5 $\mu\text{g/l}$, für Cadmium liegen sie unter 1 $\mu\text{g/l}$ und für Nickel bei 5 $\mu\text{g/l}$. Das Quellwasser enthält über 7 $\mu\text{g/l}$ Kupfer; dieser Wert fällt im Verlauf des ersten Drittel der Aa auf 3 $\mu\text{g/l}$ ab und steigt bis zur Mündung auf über 20 $\mu\text{g/l}$ an. Die Werte für Chrom und Kobalt liegen anfangs bei 3 $\mu\text{g/l}$ bzw. 1 $\mu\text{g/l}$. Chrom kann im weiteren Verlauf nicht mehr nachgewiesen werden; Kobalt steigt nur noch am Entnahmepunkt 7 auf 3 $\mu\text{g/l}$ an.

Hauptelemente sind Eisen und Mangan; von den toxischen Elementen nimmt Zink mit Werten zwischen 17 $\mu\text{g/l}$ und 40 $\mu\text{g/l}$ die erste Stelle ein.

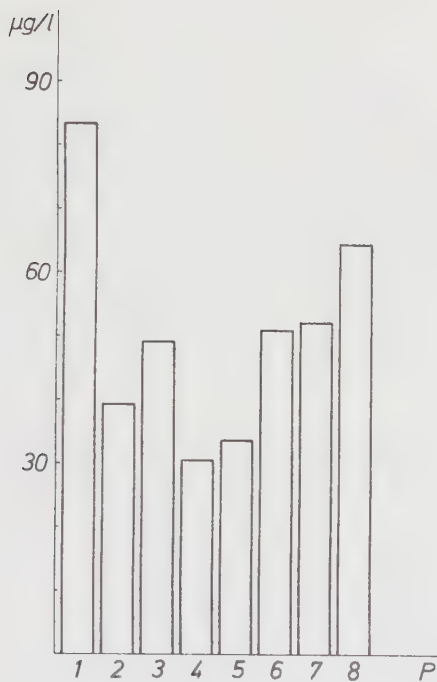


Abb. 1: Summe der Schwermetalle ohne Eisen und
Mangan der Münsterschen Aa in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 3: Schwermetallgehalte (mg/kg) in Sedimentproben der Münsterschen Aa

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	100	17.5	1.0	6.0	5.0	10.0	138.5
2	1250	187.5	1.0	68.0	26.5	25.0	1557.0
4	350	62.5	1.0	4.5	25.0	18.0	460.0
6	825	222.5	2.5	105.0	27.5	15.0	1197.5
7	550	132.5	1.0	77.0	25.0	15.0	799.5
8	925	205.0	2.5	123.0	32.5	22.0	1310.0

Zeichenerklärung: P = Probenentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Im Gegensatz zur Wasserprobe enthält das Sediment der Quelle am wenigsten Schwermetallionen.

Der Wert für Cadmium liegt meist unter 1 mg/kg, für Chrom und Nickel ziemlich konstant bei 26 mg/kg bzw. 18 mg/kg Sediment. Zink stellt auch hier mit Werten zwischen 100 mg/kg und 1250 mg/kg das Hauptelement dar. Die Werte für Blei schwanken zwischen 17.5 mg/kg und 222.5 mg/kg; bei Kupfer liegen sie zwischen 4.5 mg/kg und 123 mg/kg Sediment.

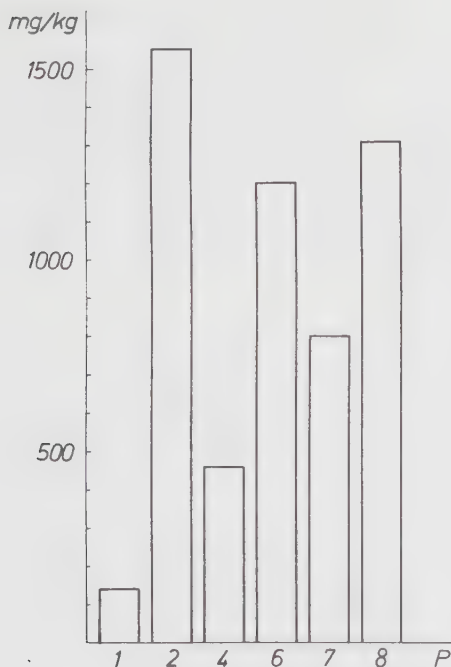


Abb. 2: Summe der Schwermetalle im Sediment der Münsterschen Aa in mg/kg

2. Stever

Die Stever entspringt in einer Höhe von 125 m am Südabhang des Westerberges in den Baumbergen. Das Gefälle ist stark, so daß schon zu Beginn ihres Laufes mehrere Mühlen bzw. Wasserräder ihre Kraft nutzen. Bald verläßt sie das hügelige Gebiet des Stevertales, fließt in südöstliche Richtung durch das Gebiet der Selkingheide. Nach Senden unterquert sie den Dortmund-Ems-Kanal, mit dem sie fast parallel nach Süden verläuft. Bei Lüdinghausen teilt sie sich in Alte- und Neue Stever, die den Stadtkern umschließen. Kurz danach treffen sie sich wieder; durch den Richtungswechsel nach Westen muß der Kanal bei Olfen erneut unterkreuzt werden. Durch Wiesen und Felder sucht sie sich den Weg zum Halterner Stausee, um nach weiteren zwei Kilometern in die Lippe einzumünden.

Die wichtigsten Nebenflüsse der Stever fließen ihr im Mittellauf zu; von rechts Nonnenbach und Kleuterbach, von links Teufelsbach, Funne und Selmer Bach.

Von der Stever wurden elf Wasser- und sieben Sedimentproben entnommen. Entnahmetag war der 11.8.1977 in der Zeit zwischen 11.00 Uhr und 15.00 Uhr.

Probeentnahmestellen:

1. Steverquelle, Straße zwischen Havixbeck und
Nottuln, Haus Kajüter;
2. Straßenbrücke Nottuln - Schapdetten;
3. Vor Appelhülsen, Frenkingmühle;
4. Nach Appelhülsen, Wierling;
5. Vor Senden;
6. Nach Senden;
7. Vor Lüdinghausen, Gabelung von Alter- und Neuer
Stever;
8. Nach Lüdinghausen;
9. Vor Olfen, Haus Schulze Althof;
10. Nach Olfen, Füchtelner Mühle;
11. Mündung in Halterner Stausee, Freibad;

Tabelle 4: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Stever

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	130	40	20	9.4	0.8	17.0	0.5	0.4	4.6	222.2	52.2	320
2	150	0.5	30	4.2	0.8	3.0	2.5	0.4	4.6	195.5	45.5	300
3	200	60	20	6.0	1.0	6.8	1.4	0.4	4.6	300.2	40.2	360
4	470	110	30	2.6	1.0	8.6	2.5	0.4	7.0	624.1	44.1	400
5	860	90	30	4.2	1.0	7.6	2.5	0.4	8.4	1004.1	54.1	540
6	540	170	40	4.2	1.0	2.5	3.6	0.4	10.0	771.7	61.7	520
7	190	70	20	4.2	1.0	2.5	3.6	0.4	7.0	298.7	38.7	570
8	640	120	50	9.4	1.0	8.6	1.4	0.4	8.4	839.2	79.2	620
9	420	70	40	8.0	0.8	8.6	0.5	0.4	7.0	554.8	64.8	580
10	300	40	40	4.2	1.6	3.0	3.6	0.4	8.4	401.2	61.2	590
11	280	30	30	4.2	0.6	8.6	5.0	1.0	8.4	367.8	57.8	600

Zeichenerklärung: P

= Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Der Schwermetallgehalt der Stever zeigt ein konstantes und erfreuliches Bild. An der Quelle (P 1) ist der Blei- und Kupfergehalt mit $9.4 \mu\text{g/l}$ bzw. $17.0 \mu\text{g/l}$ am höchsten. Beide Werte fallen dann stark ab, nur der Bleigehalt steigt nach Lüdinghausen noch einmal auf den Ausgangswert. Der Cadmiumgehalt liegt meist bei $1.0 \mu\text{g/l}$, erst nach Olfen wird eine geringe Erhöhung auf $1.6 \mu\text{g/l}$ beobachtet. Die Werte für Chrom liegen bei $2.5 \mu\text{g/l}$, steigen jedoch nach Senden an. Vor Olfen ist erneut ein Minimum mit weniger als $0.5 \mu\text{g/l}$, um nach Durchfluß dieser Stadt auf einen Wert von $3.6 \mu\text{g/l}$ anzusteigen. Das Maximum mit $5.0 \mu\text{g/l}$ wird an der Mündung in den Halterner Stausee erreicht. Auch bei Kobalt ist eine leichte Erhöhung des Gehaltes von $0.4 \mu\text{g/l}$ auf $1.0 \mu\text{g/l}$ am Halterner Stausee zu verzeichnen. Der Gehalt an Nickel erreicht mit $10.0 \mu\text{g/l}$ nach Senden den höchsten Wert und sinkt dann wieder auf Ausgangswerte ab.

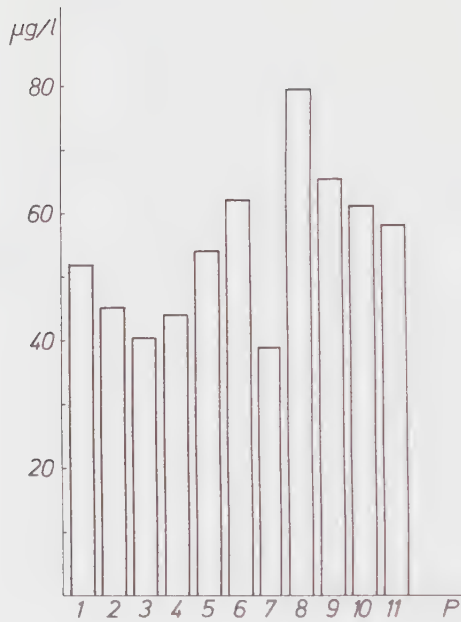


Abb. 3: Summe der Schwermetalle ohne Eisen und
Mangan der Stever in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 5: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Stever

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	100	27.5	1.0	6.5	17.5	10.0	161.5
2	100	40.0	1.0	9.0	17.5	9.0	175.5
3	150	27.5	1.0	14.0	20.0	11.0	222.5
4	200	72.5	1.0	21.0	22.5	11.0	327.0
7	250	55.0	1.0	24.0	26.5	17.0	372.5
8	250	40.0	1.0	31.0	20.0	11.0	352.0
10	300	87.5	1.0	30.0	22.5	11.0	451.0

Zeichenerklärung: P = Probenentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Das Bild der Schwermetallgehalte im Sediment der Stever ist recht homogen. Insgesamt erkennt man einen kontinuierlichen Anstieg der Schwermetallmengen, der vor allem durch Zink verursacht wird. Die niedrigsten Werte sind durchweg im Sediment der Quelle zu finden. Bei Blei schwanken sie zwischen 27.5 mg/kg an der Steverquelle und 87.5 mg/kg nach Olfen. Auch nach Appelhülsen wird ein hoher Bleigehalt mit 72.5 mg/kg festgestellt. Das stark toxische Cadmium konnte in keiner Sedimentprobe nachgewiesen werden. Die Werte für Kupfer liegen zwischen 6.5 mg/kg im Sediment der Quelle und 31.0 mg/kg nach Lüdinghausen. Bei Chrom und Nickel sind keine nennenswerten Veränderungen aufzuzeigen.

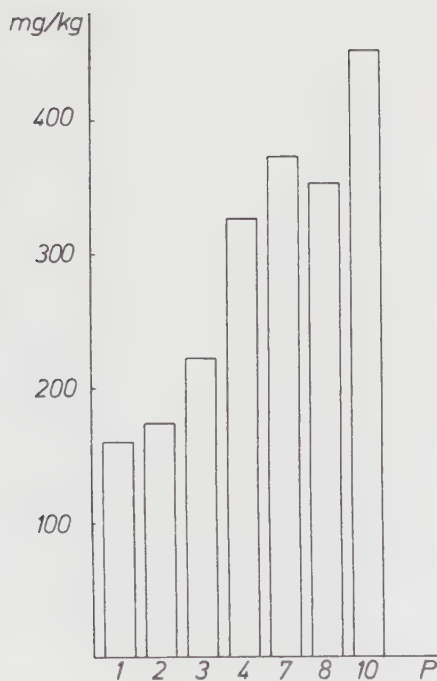


Abb. 4: Summe der Schwermetalle im Sediment der
Steuer in mg/kg

3. Werse

Die Werse entspringt östlich von Beckum aus Plänerkalken des Flimmerberges in 140 m Höhe. In einem südlichen Halbbogen umgeht sie den Stadtkern von Beckum und fließt gemächlich in einem streckenweise begradigten Flußbett. In Ahlen nimmt sie rechts die Olfe auf und fließt weiter in westlicher Richtung bis Drensteinfurt. Hier wendet sie sich in einem scharfen Knick nach Norden und beginnt sich stetig in den meist sandigen Untergrund einzuschneiden. Es kommt zur Bildung von Hochufern, so daß ihr Wasserspiegel an der Mündung etwa 12 m unter Gelände liegt. Die wichtigsten Nebenflüsse münden im Ober- und Mittellauf. Von links kommen der Umlaufbach nach Drensteinfurt, der Emmerbach zwischen Angelmodde und Wolbeck. Rechte Nebenflüsse sind der Ahrenhorsterbach bei Albersloh, die Angel bei Angelmodde und der Kreuzbach. Nach 71.5 km mündet die Werse in die Ems.

Von diesem größten Nebenfluß der oberen Ems wurden in der Zeit zwischen 7.00 Uhr und 14.00 Uhr neun Wasser- und acht Sedimentproben entnommen. Entnahmetag war der 19.8.1977.

Probeentnahmestellen:

1. Beckum, Quellflüßchen Siegenbach;
2. Vor Ahlen, bei Haus Pustekreg;
3. Nach Ahlen, Straßengabelung bei Haus
Seppenhagen;
4. Vor Drensteinfurt, Brücke Eickendorf;
5. Nach Drensteinfurt, Brücke bei Haus
Steinfurt;
6. Nach Freibad Stapelskotten;
7. Bei Brücke Warendorfer Straße, südlich
Handorf;
8. Sudmühle;
9. Mündung in die Ems;

Tabelle 6: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Werse

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	280	200	55	180.0	2.0	6.2	6.6	3.0	27.4	760.2	280.2	730
2	170	70	35	8.4	1.0	16.6	0.5	3.0	7.4	311.4	71.4	910
3	1050	135	1350	15.0	1.4	16.4	8.2	5.2	36.0	2617.2	1432.2	1100
4	670	120	375	6.6	1.5	5.0	5.0	3.0	34.6	1220.7	430.7	1130
5	750	120	105	13.6	5.2	8.2	0.5	7.4	26.0	1035.4	165.4	880
6	220	60	30	4.0	1.0	12.0	5.0	0.5	7.4	339.4	59.4	740
7	180	45	55	5.0	1.0	5.0	5.0	0.5	10.0	306.0	81.0	820
8	100	85	15	4.0	1.0	3.4	0.5	3.0	10.0	221.4	36.4	740
9	125	75	15	5.0	1.0	3.4	0.5	3.0	13.0	240.4	40.4	780

Zeichenerklärung: P

= Probenentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$

= Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$

= Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$

= Leitfähigkeit

Besonders auffällig ist der hohe Mangangehalt mit 200 µg/l, der sehr hohe Bleigehalt von 180.0 µg/l, sowie der deutlich erhöhte Chrom- und Nickelgehalt von 6.6 µg/l bzw. 27.4 µg/l im Quellbächlein Siegenbach (P 1) in Beckum. Nach Ahlen erfahren alle Schwermetalle außer Cadmium und Kupfer einen signifikanten Anstieg; Eisen steigt von 170 µg/l auf 1050 µg/l, Zink von 35 µg/l auf 1350 µg/l, der Wert für Blei verdoppelt sich auf 15.0 µg/l. Der Gehalt an Chrom steigt von 0.5 µg/l auf 8.2 µg/l und auch Nickel erreicht hier seinen höchsten Wert mit 36.0 µg/l. Vier Kilometer flussabwärts bei der Entnahmestelle P 4 ist der Zink- und Nickelgehalt noch immer stark erhöht. Nach Drensteinfurt werden die höchsten Werte für Cadmium und Kobalt mit 5.2 µg/l und 7.4 µg/l gefunden. Die weiteren Wasserproben zeigen eine abnehmende Tendenz der Schwermetallgehalte.

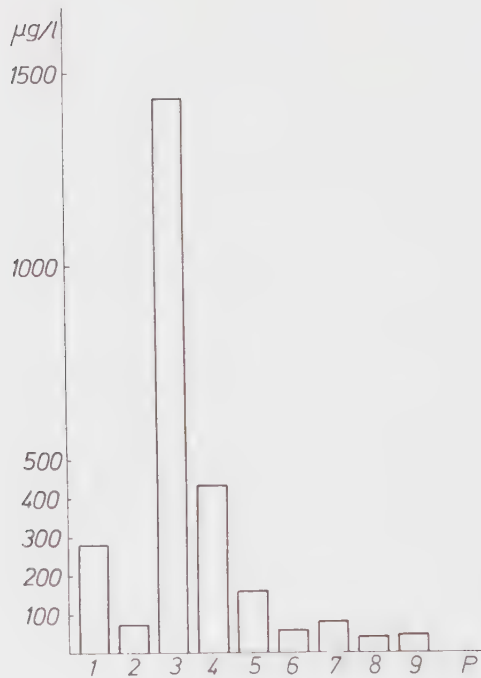


Abb. 5 : Summe der Schwermetalle ohne Eisen und
Mangan der Werse in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 7: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Werse

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	1350	8500.0	31.5	187.0	575.0	228.0	10 871.5
2	850	260.0	5.0	175.0	70.0	35.0	1 395.0
3	1800	100.0	7.0	83.0	100.0	55.0	2 145.0
5	200	20.0	5.0	7.0	20.0	11.0	263.0
6	200	32.5	1.0	12.0	17.5	11.0	273.0
7	600	115.0	3.5	51.0	30.0	3.0	802.5
8	300	37.5	1.0	27.0	27.5	18.0	410.0
9	300	60.0	2.5	24.0	25.0	18.0	429.5

Zeichenerklärung: P = Probenentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Die Summe der Schwermetalle im Sediment des Quellfließchens Siegenbach (P 1) beträgt fast 11 g/kg Sediment. Der größte Anteil wird dabei mit 8.5 g vom Blei gestellt, das damit im Rahmen der Sedimentuntersuchungen mit Sicherheit eine Sonderstellung einnimmt. Jedoch sind alle Schwermetalle im Sediment an dieser Entnahmestelle sehr stark erhöht. Vom Zink ist eine Menge von 1350 mg/kg Sediment enthalten; beim Entnahmepunkt 3, nach Ahlen, ist dieser Wert sogar auf 1800 mg/kg gestiegen. Cadmium ist nur bei P 1 mit 31.5 mg/kg Sediment stark angereichert, im weiteren Verlauf erfolgt rasche Abnahme. Beim Entnahmepunkt Brücke Warendorfer Straße (P 7) steigt der Wert für Kupfer nach vorausgegangener Normalisierung nochmals auf 51.0 mg/kg Sediment an. Chrom und Nickel werden nach Ahlen (P 3) in einer Menge von 100.0 mg/kg bzw. 55.0 mg/kg Sediment gefunden und stellen somit den zweithöchsten Wert nach Entnahmepunkt Siegenbach dar.

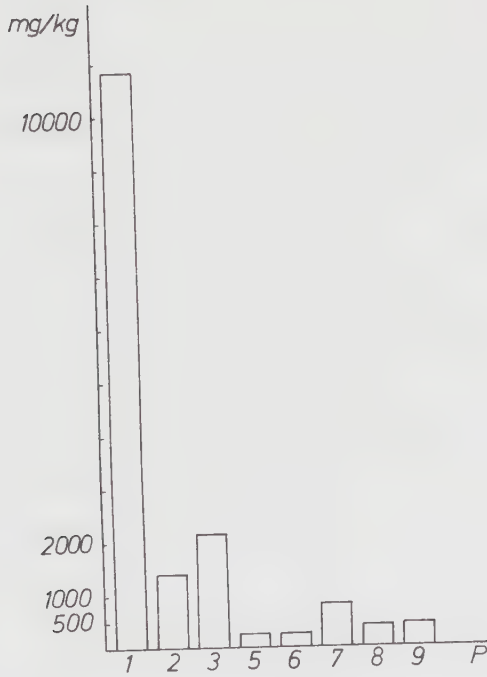


Abb. 6 : Summe der Schwermetalle im Sediment der
Werse in mg/kg

4. Bever

Aus dem Süßbach, dem Glaner Bach der bis an den Fuß des Osningsandsteins reicht und mehreren Bächen des Teutoburger Waldes und des vorgelagerten Kleinen Berges, an dessen Fuß unter Einwirkung der Geschiebemergelüberdeckung zahlreiche Quellen hervorsprudeln entsteht bei Fuchtorf die Bever. Durch den hohen Salzgehalt des Süßbaches, der durch das Wasser des Glaner Baches zwar verdünnt wird, erreicht die Bever noch relativ hohe Elektrolytkonzentrationen, wie aus den Leitfähigkeitswerten abgeleitet werden kann. Über den Ödingberger Bach besteht eine Verbindung mit dem Elting Mühlenbach, einem Quellfluß der Glane. Zwischen Bever Mark und Milter Mark fließt die Bever in östliche Richtung als ruhiger, breiter Bach über Ostbevern nach Westbevern, knickt scharf nach Süden um und mündet hier nach einer Länge von 44 km in die Ems.

Einschließlich der Quellbäche Glanerbach und Süßbach wurden acht Wasser- und sechs Sedimentproben entnommen. Entnahmetag und -zeit war der 19.8.1977 zwischen 11.40 Uhr und 14.00 Uhr.

Probeentnahmestellen:

1. Quellbach Süßbach bei Haus Ridder;
2. Quellbach Glanerbach an B 475 bei Haus Havermann;
3. Quellbach Süßbach vor der Kläranlage, nördl. Haus Möllmann;
4. Nach der Kläranlage, Brücke südwestl. Haus Steinhorst;
5. Beverstrang, bei Haus Schickenberg;
6. Vor Ostbevern, Brücke Hülshede;
7. Nach Ostbevern, Straßenbrücke;
8. Mündung in die Ems vor Haus Langen;

Tabelle 8: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Bever

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	ΣSM	$\Sigma \text{SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	150	70	20	5.0	1.0	5.8	5.0	3.0	5.0	264.8	44.8	1460
2	420	105	15	6.6	1.2	4.0	6.6	3.0	3.0	564.4	39.4	580
3	330	190	15	5.0	1.1	5.0	0.5	3.0	4.0	553.1	33.1	1750
4	350	90	15	4.0	1.1	5.8	5.0	3.0	3.0	476.9	36.9	1100
5	350	75	15	4.0	1.1	5.8	0.5	3.0	4.0	457.9	32.9	1060
6	220	50	15	5.0	1.0	6.8	0.5	3.0	4.0	304.8	34.8	1050
7	160	40	5	4.0	1.0	6.2	0.5	3.0	3.0	222.2	22.2	960
8	115	40	0.5	4.0	1.0	3.4	0.5	3.0	3.0	169.4	14.4	840

Zeichenerklärung: P

= Probeentnahmestelle

ΣSM

= Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$

= Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$

= Leitfähigkeit

Der Schwermetallgehalt des Beverwassers zeigt ein konstantes Bild. An keiner Stelle wird eine nennenswerte Belastung sichtbar. Lediglich der Mangangehalt beträgt im Quellbach Süßbach (P 3) 190 $\mu\text{g/l}$. Cadmium, Kobalt und auch teilweise Blei waren in Mengen vorhanden, die sich an der Grenze der Nachweisfähigkeit des AAS bewegten.

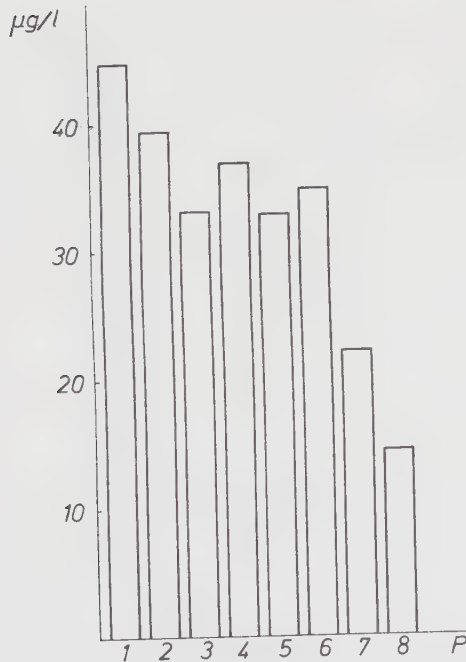


Abb. 7 : Summe der Schwermetalle ohne Eisen und Mangan der Bever in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 9: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Bever

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	125	22.5	1.0	9.0	1.0	1.0	156.5
2	225	40.0	1.0	15.0	60.0	11.0	351.0
5	300	47.5	1.0	15.0	75.0	15.0	452.5
6	150	32.5	1.0	13.0	22.5	15.0	233.0
7	275	50.0	1.0	21.0	47.5	15.0	406.5
8	275	60.0	1.0	21.0	40.0	15.0	411.0

Zeichenerklärung: P = Probenentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Der höchste Gesamtschwermetallgehalt im Sediment der Bever wird bei Beverstrang mit 452.5 mg/kg festgestellt. Die Hauptanteile werden vom Zink mit 300 mg/kg und vom Chrom mit 75.0 mg/kg Sediment gestellt. Der Bleigehalt nimmt kontinuierlich zu und ist bei der Mündung in die Ems mit 60.0 mg/kg fast dreimal so hoch wie im Süßbach bei Haus Ridder (P 1). Cadmium dagegen ist in keiner Sedimentprobe enthalten. Der Kupfergehalt steigt von 9.0 mg/kg auf 21.0 mg/kg an. Chrom und Nickel sind im Sediment des Süßbachs bei Haus Ridder (P 1) nicht nachweisbar; im Glanerbach (P 2) und im Sediment bei Beverstrang (P 5) erreichen sie ihre Höchstwerte.

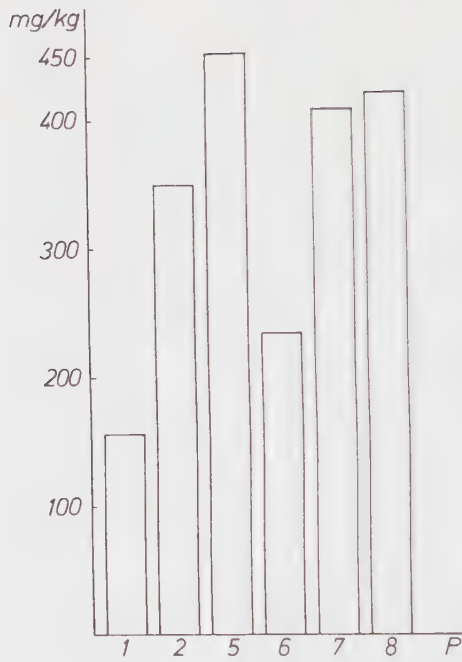


Abb. 8 : Summe der Schwermetalle im Sediment
der Bever in mg/kg

5. Steinfurter Aa

Die Aa entspringt von Ausläufern der Baumberge bei Haus Möltgen südwestl. Darfeld in 130 m Höhe. Zwischen den Erhebungen der Baumberge windet sich die Aa in südöstl. Richtung, knickt dann scharf nach Norden um, fließt rechts an Laer und weiter nördlich links an Borghorst vorbei durch Burgsteinfurt nach Wettringen. Dann umfließt sie den Bilker Berg rechts und mündet in einem flachen Moorgebiet in die Vechte. Die wichtigsten Nebenbäche der Steinfurter Aa sind links der Griewen Bach und der Mühlenbach; von rechts kommen der Landwehrbach und die Neben-Aa.

Von der Aa wurden am 24.8.1977 in der Zeit zwischen 14.30 Uhr und 16.30 Uhr acht Wasser- und die entsprechenden Sedimentproben entnommen.

Probeentnahmestellen:

1. Quelle bei Haus Möltgen;
2. Straßenbrücke Laer - Altenberge bei Haus Mersmann;
3. Brücke Schulze-Severing;
4. Vor Burgsteinfurt, südwestl. vom Golfplatz,
die Aa verläuft hier kurz parallel zur Straße;
5. Nach Burgsteinfurt, westl. Haus Brand;

6. Vor Wettringen, vor der Kläranlage;

7. Nach Wettringen, bei der Mühle;

8. Mündung in die Vechte;

Tabelle 10: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Steinfurter Aa

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	320	90	30	9.4	0.6	6.8	2.5	0.4	5.0	464.7	54.7	720
2	105	35	15	5.0	0.7	4.0	2.5	1.0	3.3	171.0	31.0	680
3	170	45	15	4.0	0.7	3.4	2.5	1.8	4.1	246.5	31.5	800
4	160	45	15	5.0	0.7	4.0	1.9	2.5	4.1	238.1	33.1	740
5	180	50	20	4.0	0.7	3.4	2.5	1.8	4.1	266.5	36.5	880
6	280	55	35	4.0	0.8	4.2	2.5	1.0	4.1	386.6	51.6	780
7	265	55	30	5.0	0.8	7.0	1.8	1.0	4.1	369.7	49.7	720
8	295	55	30	6.3	0.8	4.0	3.4	1.0	3.3	398.8	48.8	780

Zeichenerklärung: P

= Probenentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Wie sehr oft, läßt sich auch hier ein erhöhter Schwermetallgehalt des Quellwassers feststellen. Eisen, Mangan, Blei und Nickel haben hier den höchsten Gehalt, um dann im weiteren Verlauf wieder abzufallen. Cadmium und Kobalt waren an allen Entnahmepunkten in sehr geringen Mengen vorhanden, so daß sie sich teilweise an der Grenze der Nachweisfähigkeit durch den AAS bewegten. Durchweg sind die Schwermetallgehalte in der Steinfurter Aa zum aktuellen Zeitpunkt als niedrig zu bewerten.

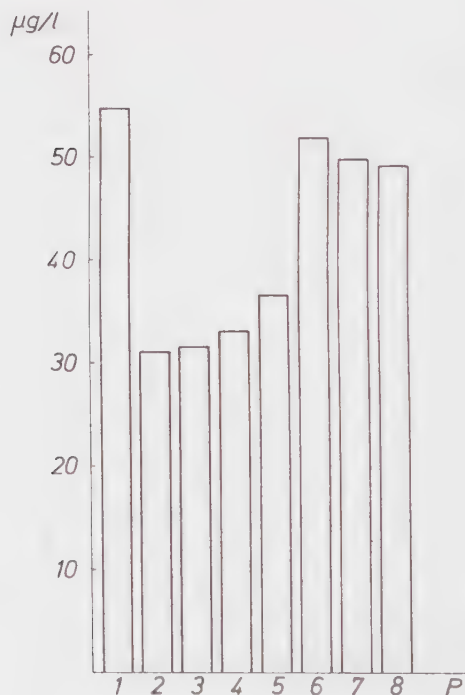


Abb. 9: Summe der Schwermetalle ohne Eisen und Mangan der Steinfurter Aa in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 11: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Steinfurter Aa

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	300	95.0	1.0	25.0	5.0	13.0	438.0
2	250	50.0	2.5	18.0	72.5	18.0	411.0
3	250	40.0	2.5	29.0	32.5	15.0	369.0
4	250	77.5	2.5	50.0	32.5	15.0	427.0
5	350	95.0	2.5	54.0	22.5	11.0	535.0
6	450	132.5	2.5	123.0	35.0	18.0	761.0
7	350	105.0	3.0	96.0	26.5	15.0	595.5
8	300	77.5	3.3	56.0	57.5	15.0	509.3

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Die Sedimente der Steinfurter Aa variieren, im Gegensatz zu den Wasserproben, stark in ihrem Schwermetallgehalt. Die Sedimente zeigen an der Quelle ein ähnliches Verteilungsbild der Schwermetallbelastung wie das Wasser. Zink bleibt an allen Entnahmepunkten relativ niedrig und konstant. Erst vor Wettringen (P 6) ist eine leichte Erhöhung von 350 mg/kg auf 450 mg/kg festzustellen. Für Blei wird ein Wert von 95.0 mg/kg an der Quelle gefunden, der dann auf 40.0 mg/kg bis zum Entnahmepunkt Straßenbrücke Schulze-Severing abfällt (P 3), um dann erneut anzusteigen. Nach Burgsteinfurt (P 5) ist der Ausgangswert von 95.0 mg/kg wieder erreicht. Vor der Kläranlage in Wettringen wurde der höchste Bleigehalt mit 132.5 mg/kg gefunden. Cadmium, an der Quelle nicht mehr nachweisbar, steigt bei der Mündung in die Vechte (P 8) auf einen Wert von 3.3 mg/kg Sediment. Der Gehalt an Kupfer nimmt vor Burgsteinfurt (P 4) zu und erreicht am Entnahmepunkt vor Wettringen (P 6) mit 123.0 mg/kg seinen Höchstwert. Chrom wird in größeren Mengen schon am zweiten Entnahmepunkt gefunden. Ein erneuter Anstieg ist bei der Mündung in die Vechte zu erkennen.

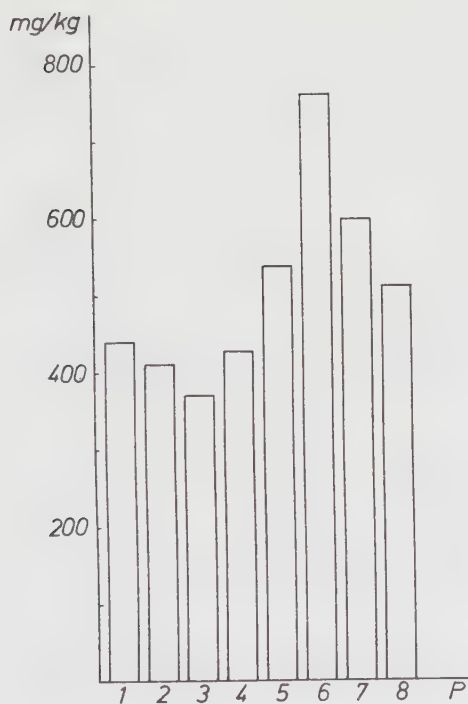


Abb. 10 : Summe der Schwermetalle im Sediment
der Steinfurter Aa in mg/kg

6. Emsdettener Mühlenbach

Der Emsdettener Mühlenbach entsteht aus mehreren Bächen, die meist aus den Nordwestausläufern der Altenberge zwischen Nordwalde und Borghorst entspringen. Im Tiefland der Brennheide vereinigen sie sich zum Mühlenbach, der nach Norden durch Emsdetten fließt und nach Verlassen der Stadt, nach einer Gesamtlänge von 8,5 km, in die Ems mündet.

Insgesamt wurden vom Emsdettener Mühlenbach sieben Wasserproben, davon jeweils eine aus den Quellbächen Wipperbach, Wenningbach und Klünderbach am 24.8.1977 in der Zeit zwischen 17 und 19 Uhr, entnommen.

Probeentnahmestellen!

1. Quellfluß Wipperbach, bei Nordwalde, Haus Ewigmann;
2. Quellfluß Wenningbach, nordwestl. Nordwalde bei Haus Heitmann;
3. Quellfluß Klünderbach, nordöstl. Borghorst bei Gr. Osterholt;
4. Vor Emsdetten, Zusammenfluß Alter Graben und der Quellflüsse bei Haus Schulz-Lintel;
5. Vor Emsdetten, Straßenbrücke Hollingen, westl. Haus Nordhoff;
6. Mündung in die Ems, vor der Kläranlage;
7. Mündung in die Ems, nach der Kläranlage; der Abfluß aus der Kläranlage ist von intensiver mittelbrauner Färbung.

Tabelle 12: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben des Emsdettener Mühlenbaches

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	170	45	20	4.0	0.6	3.4	1.8	1.0	5.0	250.8	35.8	940
2	135	50	30	5.0	1.0	2.5	2.5	1.0	4.1	231.1	46.1	900
3	250	105	60	10.0	0.8	13.4	1.8	1.8	5.0	355.0	92.8	860
4	205	45	15	4.0	0.7	2.8	2.5	1.8	4.1	280.9	30.9	760
5	615	120	20	6.3	0.7	3.6	1.8	1.0	4.1	772.5	37.5	740
6	265	100	20	5.0	0.7	3.0	4.4	1.0	3.3	402.4	37.4	700
7	220	100	40	7.6	0.7	5.0	2.5	1.8	5.0	382.6	62.6	680

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Die Wasserproben des Emsdettener Mühlenbaches zeigen insgesamt niedrige Schwermetallgehalte. Von den Quellächen weist der Klünderbach die höchsten Werte auf. Gegenüber dem Wipperbach und Wenningbach sind sie hier, außer Cadmium und Nickel, fast doppelt so hoch; Kupfer erhöht sich sogar von 2.5 $\mu\text{g/l}$ im Wenningbach auf 13.4 $\mu\text{g/l}$. Vor Emsdetten, bei der Straßenbrücke Hollingen, erreichen Eisen und Mangan ihren höchsten Wert mit 615 $\mu\text{g/l}$ Eisen und 120 $\mu\text{g/l}$ Mangan. Probe sechs wurde vor einer Kläranlage, Probe sieben danach gewonnen. Zink, Blei, Kupfer und Nickel sind hier in höherer Konzentration nachweisbar als vor dem Einlauf ins Klärbecken.

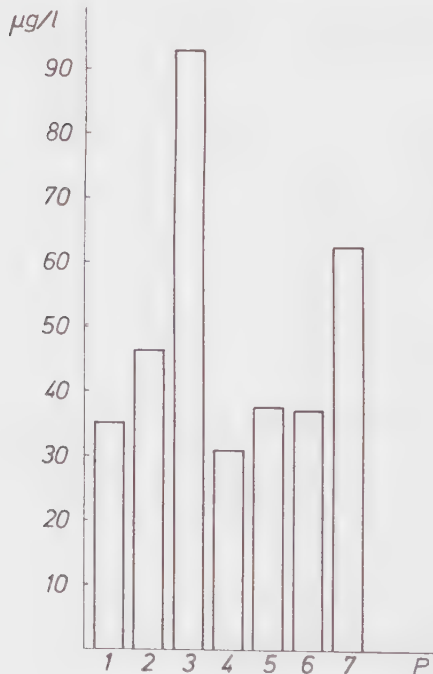


Abb. 11: Summe der Schwermetalle ohne Eisen und Mangan des Emsdettener Mühlenbaches in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 13: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment des Emsdettener Mühlenbaches

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
2	450	132.5	1.0	39.0	26.5	20.0	668.0
3	150	35.5	1.0	16.0	22.5	13.0	237.0
5	250	50.0	1.0	30.0	22.5	18.0	370.5
6	250	87.5	2.5	25.0	17.5	11.0	393.5
7	350	92.5	2.5	25.0	22.5	18.0	510.5

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Die Sedimente des Emsdettener Mühlenbaches zeigen ein gegenteiliges Bild in der Verteilung der Schwermetallbelastung wie das Wasser. Die Hauptmenge ist nicht im Klünderbach vertreten, sondern im Wenningbach. Im Gesamtgehalt zeigt der Wenningbach mit 668 mg/kg Sediment fast den dreifachen Wert als der Quellfluß Klünderbach mit 237 mg/kg. Die Hauptelemente sind dabei Zink und Blei mit 450 mg/kg bzw. 132.5 mg/kg. Jedoch sind auch die anderen Schwermetalle, außer Cadmium, so hoch, daß sie bereits hier ihre Höchstwerte erreichen. Bei Blei zeigt sich, nach vorübergehendem Abfall, eine zunehmende Anreicherung bei Entnahmepunkt Emsdetten bis zur Mündung.

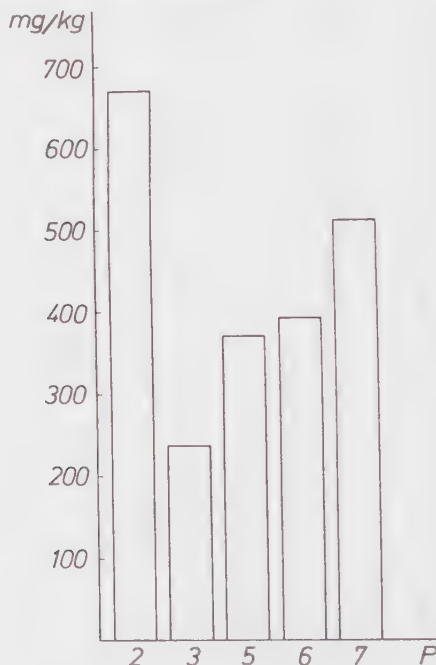


Abb. 12 : Summe der Schwermetalle im Sediment des Emsdettener Mühlenbaches in mg/kg

7. Ibbenbürener Aa

Die Ibbenbürener Aa entspringt als Ledder Mühlenbach zwischen dem Ibbenbürener Plateau und Ausläufern des Teutoburger Waldes nordöstl. Tecklenburg. Vor Hörstel fließt die Bock-Aa und der Stollenbach zu, der große Mengen Neutralsalze mit sich führt, was am Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit zu erkennen ist. Die Aa unterquert den Mittellandkanal, fließt durch Hörstel nach Dreierwalde. Danach vereinigt sie sich mit der Hopstener Aa zur Speller Aa.

Probeentnahme erfolgte am 31.8.1977 in der Zeit zwischen 14 und 16 Uhr.

Probeentnahmestellen:

1. Quellfluß Ledder Mühlenbach, nordöstl. Tecklenburg, Straßenbrücke nach Lotte;
2. Vor Ibbenbüren, bei Haus Mutert;
3. Nach Ibbenbüren, bei Haus Brockschmidt;
4. Nach Hörstel (Hörsteler Aa), bei Haus Knollmann;
5. Vor Dreierwalde;
6. Bei Venhaus, südwestl. Spelle (Speller Aa);

Tabelle 14: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Ibbenbürener Aa

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	2600	200	20	11.6	0.5	4.0	0.5	4.2	7.0	2846.8	46.8	520
2	1250	218	20	6.4	0.5	3.0	0.5	2.0	7.0	1506.4	38.4	660
3	9300	500	62	6.4	0.5	3.0	56.2	158.0	59.0	10141.6	341.6	1200
4	3250	285	75	5.0	0.5	2.4	0.5	136.0	38.0	3791.4	256.4	10^4
5	1000	405	70	5.0	0.5	3.0	0.5	154.0	43.0	1680.0	275.0	10^4
6	1400	395	55	3.0	0.5	2.4	0.5	84.0	29.4	1968.8	273.8	7600

Zeichenerklärung: P

= Probenentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Dieses Gewässer zählt zu den interessantesten, der in dieser Arbeit untersucht, da es stark durch Schwermetalle belastet ist. Als Hauptelement dominiert das Eisen, das in Mengen, die um ein bis fast zwei Potenzen, über dem Durchschnitt der analysierten Wasserproben liegen. Hat doch bereits der Ledder Mühlenbach (P 1) einen Eisengehalt von 2600 $\mu\text{g/l}$, so steigt dieser nach Ibbenbüren auf 9300 $\mu\text{g/l}$. Der Mangengehalt steigt an dieser Stelle von 218 $\mu\text{g/l}$ auf 500 $\mu\text{g/l}$. Auch der Wert für Zink steigt hier um das Dreifache auf 62 $\mu\text{g/l}$. Nach Hörstel erreicht dieser Wert mit 75 $\mu\text{g/l}$ Zink seinen Höhepunkt und fällt dann wieder ab. Blei ist im Quellfluß Ledder Mühlenbach mit 11.6 $\mu\text{g/l}$ vertreten; dieser Wert sinkt bereits an der nächsten Entnahmestelle, vor Ibbenbüren, auf fast die Hälfte ab. Cadmium konnte nicht nachgewiesen werden. Der Kupfergehalt ist unauffällig. Der Wert für Chrom, an den ersten beiden Entnahmestellen nicht nachweisbar, steigt nach Ibbenbüren (P 3) auf 56.2 $\mu\text{g/l}$, um dann sofort wieder für den weiteren Verlauf unter die Nachweisgrenze des AAS zu sinken. Auch Kobalt und Nickel sind an dieser Entnahmestelle signifikant erhöht. Der Wert für Kobalt steigt von 2.0 $\mu\text{g/l}$ auf 158.0 $\mu\text{g/l}$, der für Nickel von 7.0 $\mu\text{g/l}$ auf 59.0 $\mu\text{g/l}$. Rund 25 km weiter, bei Venhaus, ist der Wert für Kobalt mit 84.0 $\mu\text{g/l}$ sehr stark erhöht.

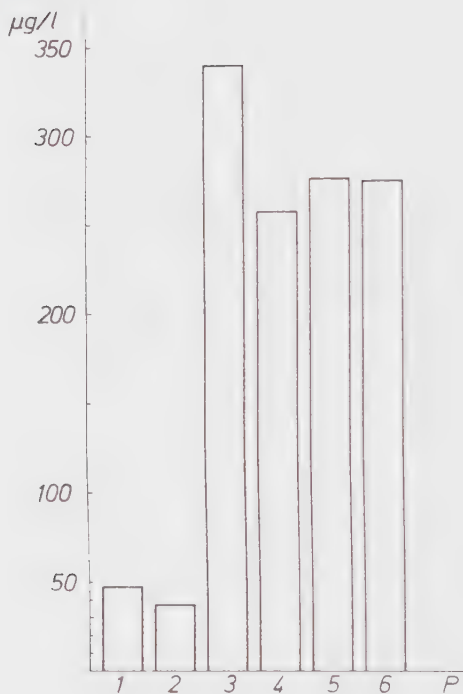


Abb. 13 : Summe der Schwermetalle ohne Eisen und
Mangan der Ibbenbürener Aa in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 15: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Ibbenbürener Aa

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	225	32.5	1.0	11.0	22.5	20.0	311.0
2	250	40.0	1.0	10.0	22.5	13.0	335.5
3	1800	142.5	4.3	230.0	325.0	31.0	2532.3
4	800	32.5	1.0	51.0	45.0	35.0	963.5
5	1100	77.5	4.3	75.0	55.0	70.5	1382.3
6	1200	60.0	4.3	63.0	50.0	71.5	1448.8

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Das Sediment der Ibbenbürener Aa ist, bedingt durch den hohen Eisenoxidgehalt, ockerbraun gefärbt. Das Hauptelement stellt das Zink dar, dessen Maximum nach Ibbenbüren mit 1800 mg/kg erreicht wird. Beim nächsten Entnahmepunkt nach Hörstel ist dieser Wert bereits wieder auf 800 mg/kg abgesunken. Vor Dreierwalde (P 5) und bei Venhaus (P 6) werden nochmals Zinkgehalte von 1100 mg/kg und 1200 mg/kg gefunden. Bei Blei, Kupfer und Chrom wird im Sediment eine analoge Schwermetallverteilung gefunden wie beim Zink. Der Bleigehalt steigt von 40.0 mg/kg vor Ibbenbüren auf 142.5 mg/kg nach Ibbenbüren, sinkt bei der nächsten Entnahmestation unter den Ausgangswert, um vor Dreierwalde und bei Venhaus auf 77.0 mg/kg bzw. 60.0 mg/kg wieder anzusteigen. Kupfer erfährt nach Ibbenbüren eine Zunahme von 10.0 mg/kg und der Chromgehalt steigt von 22.5 mg/kg auf 325.0 mg/kg. Cadmium, im Ledder Mühlenbach und vor Ibbenbüren nicht nachweisbar, ist im Sediment nach Ibbenbüren mit 4.3 mg/kg enthalten; dieser Wert wird auch vor Dreierwalde und Venhaus gemessen. Die Werte für Nickel erfahren einen kontinuierlichen Anstieg von 20.0 mg/kg im Ledder Mühlenbach bis 71.5 mg/kg bei Venhaus.

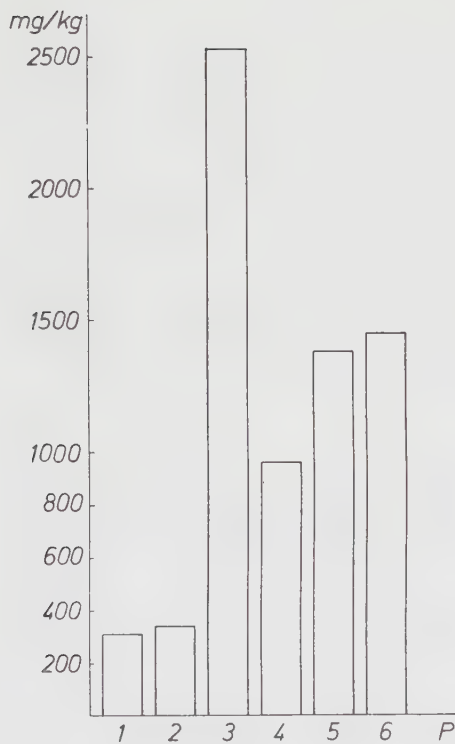


Abb. 14 : Summe der Schwermetalle im Sediment der
Ibbenbürener Aa in mg/kg

8. Emmerbach

Der Emmerbach entspringt nördl. Ascheberg in einer Höhe von 64 m und fließt in nordwestl. Richtung nach Davensberg, schwenkt nach Nordosten um und nimmt nach 2 km die ursprüngliche Richtung wieder ein. Durch Waldgebiet schlängelt sich der Emmerbach bis zum Dortmund-Ems-Kanal, knickt dort scharf nach rechts und verläuft über Amelsbüren während 4 km parallel mit dem Kanal. Durch Richtungsänderung des Kanals bei Hilstrup wird der Emmerbach zweimal zum Unterqueren gezwungen. Nach einer Gesamtlänge von 23 km nimmt ihn die Werse südl. Angermode auf.

Am 1.9.1977 wurden vom Emmerbach zwischen 10 und 11 Uhr vier Wasser- und Sedimentproben entnommen.

Probeentnahmestellen:

1. Bei Ascheberg, Haus Westhues;
2. Zwischen Davensberg und Amelsbüren, Haus Lütke-Breuing;
3. Bei Kreuzung Autobahn und Dortmund-Ems-Kanal, Haus Börger;
4. Vor Mündung in die Werse, zwischen Haus Everding und Schulze-Holsen;

Tabelle 16: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben des Emmerbaches

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	100	20	20	3.0	0.8	3.0	0.5	0.5	5.6	152.4	32.4	780
2	205	35	20	5.0	0.8	2.4	0.5	0.5	4.4	272.6	32.6	780
3	240	50	20	5.0	0.8	5.8	0.5	0.5	4.4	326.0	36.0	780
4	370	90	24	6.4	0.8	5.0	0.5	0.5	7.0	503.2	43.2	860

Zeichenerklärung:

P = Probenentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Im Schwermetallgehalt der Wasserproben zeigt sich der Emmerbach erfreulich unauffällig. Die Konzentrationen fast aller Metalle nehmen jedoch im Verlauf zu; die größte Steigerung erfahren hierbei Eisen und Mangan. Der Eisengehalt steigt von 100 $\mu\text{g/l}$ auf 370 $\mu\text{g/l}$ und der Mangangehalt von 20 $\mu\text{g/l}$ auf 90 $\mu\text{g/l}$. Der Cadmiumgehalt bewegte sich an der Grenze der Nachweisbarkeit des AAS; Chrom und Kobalt konnte nicht nachgewiesen werden.

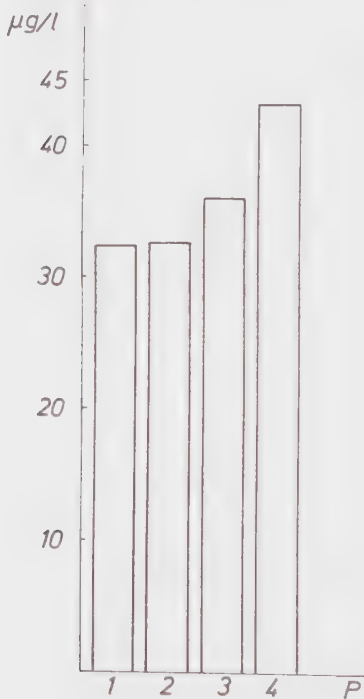


Abb. 15: Summe der Schwermetalle ohne Eisen und Mangan des Emmerbaches in $\mu\text{g/l}$

Tabelle 17: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment des Emmerbaches

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Σ SM
1	225	27.5	1.0	24.0	1.0	11.0	287.5
2	225	40.0	1.0	18.0	20.0	13.0	316.0
3	200	17.5	1.0	12.0	20.0	13.0	262.5
4	450	77.5	2.5	68.0	22.5	13.0	633.5

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

Σ SM = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Im Sediment des Emmerbaches ist der höchste Schwermetallgehalt mit insgesamt 633.5 mg/kg bei der Mündung in die Werse (P 4) erreicht. Diese Anreicherung wird vor allem durch Zink, Blei und Kupfer verursacht, während Chrom und Nickel nur unwesentliche Steigerungen erfahren. Chrom ist bei Ascheberg (P 1) im Sediment nicht nachweisbar. Cadmium kann erst bei der Mündung in die Werse mit 2.5 mg/kg nachgewiesen werden.

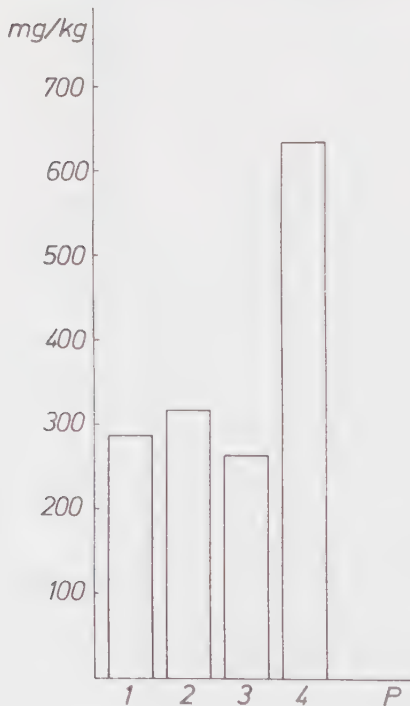


Abb. 16 : Summe der Schwermetalle im Sediment des
Emmerbaches in mg/kg

9. Glane

Eine Reihe von Wasserläufen, die sich aus den Höhenzügen des Teutoburger Waldes zwischen Bevergern und Lienen entwickeln und Mühlenbäche genannt werden, bilden die Glane. Dazu zählen der Vortlager Mühlenbach als der nördlichste, der Ladberger Mühlenbach und der Eltingmühlenbach als der südlichste Wasserlauf. Die Glane selbst ist nur 3,6 km lang und mündet in die Ems.

Jeweils eine Probe wurde am 31.8.1977 von der Glane und den beiden Quellflüssen Ladberger Mühlenbach und Eltingmühlenbach in der Zeit zwischen 15.30 Uhr und 16.15 Uhr entnommen.

Probeentnahmestellen:

1. Ladberger Mühlenbach, nach Ladbergen, südöstlich Haus Dalhoff;
2. Glane bei Mündung in die Ems, Straßenbrücke 219;
3. Eltingmühlenbach, östl. Greven bei Elting-Mühle;

Der Ladberger Mühlenbach (P 1) als ein Quellfluß der Glane enthält am meisten Eisen (1900 µg/l) und Mangan (205 µg/l). Der andere Quellfluß, Eltingmühlenbach, (P 3) ist dagegen mit 475 µg/l Eisen und 82 µg/l Mangan sehr viel ärmer an diesen Schwermetallen. Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel ist in der Glane selbst stärker vertreten als in den Quellbächen. Chrom konnte in keiner Wasserprobe nachgewiesen werden.

Da von der Glane selbst kein Sediment gewonnen werden konnte, können nur die beiden Quellbäche verglichen werden. Hier zeigt sich, daß die Verteilung der Schwermetalle im Ladberger Mühlenbach (P 1) fast identisch ist mit der des Elting Mühlenbaches (P 3). In keiner Sedimentprobe war Cadmium vorhanden. Im Gegensatz zu den Wasserproben, die kein Chrom enthalten, wurde es im Sediment beider Quellbäche mit 17.5 mg/kg nachgewiesen.

Tabelle 18: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Glane

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Cc	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	1900	205	17	6.4	0.8	7.4	0.5	2.0	5.6	2144.2	39.2	500
2	850	168	17	8.0	1.2	10.8	0.5	2.0	10.0	1067.0	49.0	480
3	475	82	15	6.4	0.8	2.4	0.5	0.5	4.4	586.0	29.0	500

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

= Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$

= Leitfähigkeit

Tabelle 19: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Glane

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	SM
1	225	60.0	1.0	13.0	17.5	9.0	324.5
3	225	50.0	1.0	12.0	17.5	13.0	317.5

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

10. Gellenbach

Aus kleinen Wasserführungen, die aus der Gegend zwischen Ostbevern und Westbevern entspringen, entsteht durch deren Zusammenfluß nördlich Vadrup der Gellenbach. Nur durch Wald- und Wiesengebiet fließt er nach Osten, ohne eine größere Siedlung zu berühren. Im Mittellauf nimmt er von links die Dieksgosse auf, von rechts nur 100 m weiter den kleinen Ellerbach. Der Gellenbach unterquert den Dortmund-Ems-Kanal, windet sich durch das Tal zwischen den Guntruper- und Bockholter Bergen und mündet bei Gimble in die Ems.

Vom Gellenbach wurden wegen der Kürze des Flußlaufs und der geringen Längsbesiedlung nur zu Beginn und kurz vor der Mündung jeweils eine Wasser- und Sedimentprobe entnommen. Entnahmezeit war der 31.8.1977 zwischen 16.45 Uhr und 17.30 Uhr.

Probeentnahmestellen:

1. Straßenbrücke Vadrup - Brock bei Haus Hundepohl;
2. Südöstl. Greven, Bockholter Berge bei Haus Gerde-
mann;

Tabelle 20: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben des Gellenbaches

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	65	29	15	5.0	1.8	5.8	0.5	0.5	2.4	124.0	30.9	600
2	300	290	15	3.0	0.8	5.0	0.5	0.5	4.4	618.2	28.2	600

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle
 $\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser
 $\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan
 $\mu\text{S/cm}$ = Leitfähigkeit

Tabelle 21: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment des Gellenbaches

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	SM
1	200	12.5	1.0	8.0	17.5	9.0	247.0
2	125	40.0	1.0	9.0	20.0	11.0	205.0

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle
 $\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Im Wasser des Gellenbaches findet sich bei Haus Hundepohl (P 1) ein niedriger Gesamtschwermetallgehalt, der bei Haus Gerdemann südöstl. Greven (P 2) deutlich angestiegen ist. Der Wert für Eisen erhöht sich von 65 $\mu\text{g/l}$ auf 300 $\mu\text{g/l}$. Besonders markant ist die Veränderung bei Mangan. Hier kommt es bei einem Ausgangswert von 29 $\mu\text{g/l}$ bei P 1 zum zehnfachen Anstieg bei P 2. Blei, Cadmium und Kupfer nehmen dagegen ab. Chrom und Kobalt konnten nicht nachgewiesen werden.

Bei den Sedimenten des Gellenbaches kommt es insgesamt zu einer Abnahme der Schwermetallgehalte. Dies wird durch Zink verursacht, das von 200 mg/kg auf 125 mg/kg absinkt. Alle anderen Schwermetalle nehmen dagegen in ihrer Konzentration zu. Blei ist bei Greven mit 40.0 mg/kg auf den dreifachen Wert gegenüber Haus Hundepohl angestiegen. Cadmium konnte in keiner Sedimentprobe nachgewiesen werden.

11. Vechte

Vom Südabhang des Schöppinger Berges schlängelt sie sich als stiller Fluß nach Norden an Metelen vorüber, durch Wiesengelände nach Langenhorst-Welbergen. Den Rothenberg umfließt sie rechts, wird aber durch die Bilker Berge wieder in nördliche Richtung gezwungen. Hier kommt ihr von rechts die Steinfurter Aa entgegen und vereinigt sich mit ihr. Über Schüttorf geht es weiter bis Gramsbergen, wo sie holländisches Gebiet betritt. Sie mündet bei Zwolle in die Zuider See.

Von der Vechte wurden nur zwei Proben zu Vergleichszwecken am 31.8.1977 zwischen 13.15 Uhr und 13.35 Uhr entnommen.

Probeentnahmestellen:

1. Bei Welbergen, Haus Mohring;
2. Bei Bilk, Straßenkreuzung Ochtrup - Ohne - Wettlingen;

Tabelle 22: Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$) in Wasserproben der Vechte

P	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Co	Ni	$\Sigma \text{ SM}$	$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$	$\mu\text{S/cm}$
1	325	73	26	5.0	0.8	3.0	0.5	0.5	8.0	440.8	42.8	660
2	260	65	26	3.0	0.8	3.0	0.5	0.5	8.0	365.8	40.8	660

Zeichenerklärung: P

= Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$

= Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ Wasser

$\Sigma \text{ SM} - (\text{Fe} + \text{Mn})$ = Summe der Schwermetalle in $\mu\text{g/l}$ ohne Eisen und Mangan

$\mu\text{S/cm}$

= Leitfähigkeit

Tabelle 23: Schwermetallgehalte (mg/kg) im Sediment der Vechte

P	Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	$\Sigma \text{ SM}$
1	350	87.5	1.0	53.0	40.0	27.0	557.5
2	150	27.5	1.0	21.0	32.5	15.0	246.0

Zeichenerklärung: P = Probeentnahmestelle

$\Sigma \text{ SM}$ = Summe der Schwermetalle in mg/kg Sediment

Die Wasserproben der Vechte unterscheiden sich bei den Probeentnahmepunkten Welbergen und Bilk nur geringfügig in den Metallgehalten von Eisen, Mangan und Blei. Cadmium war unter $0.8 \mu\text{g/l}$ und entzog sich so der Nachweisbarkeit. Chrom und Kobalt konnten ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Der Gesamtschwermetallgehalt der Sedimente ist bei Welbergen (P 1) etwa doppelt so hoch wie bei Bilk (P 2). Blei ist hier mit 87.5 mg/kg sogar über dreimal so hoch. Auch der Kupfergehalt mit 53.0 mg/kg ist gegenüber 21.0 mg/kg bei Bilk stark erhöht. Cadmium wurde in keiner Sedimentprobe gefunden.

D: DISKUSSION

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dem Vorkommen und Nachweis von Schwermetallen in einigen Oberflächen-gewässern im Münsterland. Für diese Untersuchungen bieten sich zwei Möglichkeiten an:

1. das Wasser selbst,
2. die Flußsedimente.

Durch die Wasseranalyse können nur die wirklich aktuellen Schwermetallbelastungen erfaßt werden, da durch kurzfristige, lokale Emissionen, Änderungen in der Wasserführung starke temporäre Schwankungen in der Schadstoffbelastung auftreten können. Um zu einer Bilanzierung der transportierten Schwermetallmengen zu kommen, müßten langfristige Messungen mit kontinuierlicher Probenentnahme erfolgen.

Aus diesen und noch weiter unten aufgeführten Gründen ist es oft vorteilhaft, die Sedimente als Gradmesser für die Belastung eines Gewässers heranzuziehen. Nach ZÜLLIG (1956) sind die "Sedimente als Ausdruck des Zustandes eines Gewässers" zu werten, die die hydrochemischen und ökologischen Verhältnisse bzw. deren Veränderungen über einen längeren Zeitraum hinweg aufzeigen. Dadurch wird es möglich, auch kurzfristige, größere Belastungen nachträglich durch Sedimentuntersuchungen nachzuweisen.

WEBB (1971) nennt neben der Nachweisbarkeit kurzfristiger Metallemissionen noch weitere Vorteile der Sedimentuntersuchung:

- a) Analysentechnische Vorteile: in den Sedimenten liegen die Schwermetallgehalte in Konzentrationen vor, die das 1000 bis 100 000 fache der wässrigen Lösung betragen.
- b) Erfassung schwerlöslicher Metallverbindungen: ein Teil der Schwermetalle wird als schwerlösliche Verbindung emittiert und entzieht sich dadurch dem Nachweis in wässriger Phase.

Somit kann angenommen werden, daß durch Wasser- und gleichzeitiger Sedimentuntersuchung ein ausreichend genaues Verfahren zur Bestimmung der Schadstoffbelastung vorhanden ist.

In diesem Zusammenhang ist die Frage nach der Herkunft der Schwermetalle von besonderer Bedeutung. Hier muß zwischen den anthropogenen Belastungen und den geologisch bedingten Schwermetallgehalten unterschieden werden. Zu den anthropogenen Belastungen zählen die industrielle Gewinnung, Bearbeitung, Verarbeitung von Schwermetallen; ferner die Schwermetalle in Sickerwässern und Abfallhalden sowie in Fäkalien.

Keine unbedeutende Rolle spielt die geologisch bedingte

Metallführung in den Gewässern. UDOVOV und PARILOV (1961) konnten eindeutige Beziehungen zwischen der Konzentration von Schwermetallen im Wasser und der Erzführung im Einzugsgebiet des Gewässers feststellen. Da heute sehr viele Flüsse als Vorfluter für Schadstoffe aller Art dienen, ist es nicht mehr möglich deren geologischen Standard zu bestimmen. Deshalb wurde von verschiedenen Autoren versucht, einen Schwermetall-Mittelwert zu erarbeiten, um Aussagen über Belastungen in anderen Gewässern machen zu können. TUREKIAN (1969) stellte diese Durchschnittswerte zuerst zusammen, die durch neue Analysenergebnisse modifiziert wurden.

Tab.24:

Mittelwerte der Schwermetallgehalte ($\mu\text{g/l}$)
in unbelasteten Binnengewässern.

Cadmium	0.2	Blei	3.0
Kobalt	0.2	Kupfer	7.0
Chrom	1.0	Zink	10.0
Nickel	3.0	Mangan	7.0

Beim Eisengehalt ist eine Mittelwertangabe wegen der großen Schwankungsbreite nicht sinnvoll.

Auch die Sedimente enthalten bestimmte, geologisch bedingte Mengen an Schwermetallen, den sog. background.

Um nun eine generelle Vergleichsbasis zu besitzen, wurde von TUREKIAN und WEDEPOHL (1961) aufgrund von Analysen

an Tongesteinen ein geochemischer Tongestein-Standard erstellt.

Tab. 25:

Durchschnittsgehalte an Schwermetallen (mg/kg) in Tongestein.					
Zn	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni
95	20	0.3	45	96	68

In Industriegebieten werden diese "Nullwerte" mehr oder weniger überschritten. Diese Standardwerte besitzen nur begrenzte Gültigkeit, da sie regionale Verhältnisse nicht berücksichtigen.

Für die Ermittlung der tatsächlichen Schwermetallbelastung muß also dieser nichtzivilisatorische Anteil von der gefundenen Gesamtmenge subtrahiert werden. Eine Erhöhung über diese background-Werte werden als anthropogene Belastung angesehen.

EISEN:

Bei Eisen ist eine Mittelwertangabe wegen der großen Streubreite problematisch. In den hier untersuchten Gewässern steigt der Gehalt selten über 500 µg/l. Ausnahmen machen die Ibbenbürener Aa, die Werse und der Ladberger Mühlenbach. Durch die in Ibbenbüren ansässige eisenverarbeitende Industrie und der stark eisenhaltigen

Grubenabwässer, steigt der Gehalt nach Ibbenbüren auf über 9000 $\mu\text{g/l}$. Die Werse wird wiederum in Ahlen durch mehrere Emaillierwerke so stark belastet, daß der Eisengehalt von 170 $\mu\text{g/l}$ auf 1050 $\mu\text{g/l}$ erhöht wird.

Der Ladberger Mühlenbach vereinigt sich bei Ladbergen mit dem Aa-Bach, der die Ortsabwässer der Stadt Lengerich aufnimmt. Auch hier muß ein Zusammenhang zwischen der dortigen Industrie (Maschinenfabrik, Gießerei, Emaillierwerk, Zement- und Kalkwerk) und dem hohen Eisengehalt von 1900 $\mu\text{g/l}$ des Ladberger Mühlenbaches angenommen werden.

MANGAN:

Für Mangan wurde von TUREKIAN (1969) im Wasser ein Durchschnittswert von 7 $\mu\text{g/l}$ bestimmt. Diese Mittelwertangabe muß jedoch aus demselben Grund wie beim Eisen mit Einschränkung betrachtet werden. Das liegt an der ubiquitären Verteilung dieses Metalls und an der überwiegenden Nutzung seiner Salze für die Düngung.

In unbelasteten Gewässern anderer Regionen wurden folgende Werte gefunden.

Tab. 26:

Mangangehalte in unbelasteten Gewässern ($\mu\text{g/l}$) (FÖRSTNER und MÜLLER 1974)	
12	UdSSR (Flüsse)
4	Maine (439 Flüsse u. Seen)
5	Columbia River
26	Eriesee

LODEMANN und BUKENBERGER (1973) finden im Neckar in den Jahren 1971 und 1972 Mangangehalte von 28 bis 161 $\mu\text{g/l}$.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Werte zwischen 20 und 500 $\mu\text{g/l}$ gefunden. Letzterer wurde nach Ibbenbüren in der Ibbenbürener Aa nachgewiesen, dort, wo auch der höchste Eisengehalt im Wasser gemessen wurde.

ZINK:

Der Zinkgehalt unbelasteter Gewässer liegt nach WEDE-POHL (1972) bei 10 $\mu\text{g/l}$. In Ergebnissen von SCHLEICHERT und HELLMANN (1973), die Untersuchungen des Rheinwassers durchführten, erhöht sich der Zinkgehalt durch häusliche Abwässer um 11 - 28 $\mu\text{g/l}$. Desweiteren kommen sie zu dem Ergebnis, daß Anreicherungen über 50 $\mu\text{g/l}$ durch industrielle Abwässer verursacht werden. GEORGOTAS und UDLUFT (1973) finden Zink in der fränkischen Saale in Mengen von 19.5 bis 65.4 $\mu\text{g/l}$. Im Neckar werden von LODEMANN und BUKENBERGER (1973) Zinkwerte von 34 bis

750 $\mu\text{g/l}$ nachgewiesen. BAAIJ (1973) hat den holländischen Teil des Rheins auf Schwermetalle untersucht und fand Zink im Wattenmeer in der Größenordnung von 10 bis 200 $\mu\text{g/l}$. Um einen Eindruck von der Menge des Schwermetallgehaltes im Rhein zu bekommen, hat er die Verschmutzung in Frachten berechnet. Für Zink alleine kommt er auf einen Wert von 51 t/Tag. Danach findet sich Zink im Rheinwasser in Mengen wieder, die sich den Sterblichkeitsgrenzen für Fischbrut und Fischlaich nähern (BAAIJ 1973).

KÖLLE et al. (1971) geben für den Mittel- und Niederrhein Maximalwerte bis 400 $\mu\text{g/l}$, REICHERT (1973) im Niederrhein bis 255 $\mu\text{g/l}$ an.

1972 haben BANAT et al. eine generelle Bestandsaufnahme der Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe durchgeführt.

Tab. 27:

Durchschnitts-, niedrigste und höchste Zinkgehalte (mg/kg) in der Tonfraktion der Sedimente (BANAT et al. 1972)

	min.	ϕ	max.
Rhein	250	903	2061
Main	100	810	2100
Neckar	120	999	2100
Donau	250	699	1162
Ems	200	642	1408
Weser	400	1572	3100
Elbe	800	1425	2145

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen über den Zinkgehalt des Wassers und des Sediments waren Steuer, Bever, Steinfurter Aa, Emsdettener Mühlenbach, Emmerbach, Glane und Gellenbach nicht oder ganz gering belastet. Mäßig belastet war das Wasser der Münsterschen Aa im Unterlauf, während die Sedimente bereits erhöhte Anteile, im Durchschnitt 900 mg/kg, enthielten.

Im Wasser der Werse wurde nach Ahlen ein Zinkgehalt von 1350 µg/l gemessen; mit dieser hohen Wasserkonzentration korreliert auch die Anreicherung im Sediment mit 1800 mg/kg. Wie schon erwähnt, befinden sich in Ahlen Emaillier- und Galvanisierungsbetriebe. Auch im Siegenbach in Beckum, einem Quellfluß der Werse, liegt industriebedingt der Zinkgehalt im Sediment bei 1350 mg/kg. Ebenfalls hoch belastet ist die Ibbenbürener Aa bei Ibbenbüren. Während das Wasser zum aktuellen Zeitpunkt nur geringe Zinkkonzentrationen mit sich führt, zeigt das Sediment mit 1800 mg/kg eine hohe Zinkanreicherung.

BLEI:

Der von TUREKIAN (1969) ermittelte Durchschnittsgehalt an Blei in unbelasteten Gewässern beträgt 3 µg/l, der geochemische Tongestein-Standard 20 mg/kg. Dieser letzte Wert ist fast ausnahmslos in allen Sedimentproben überschritten worden.

Nach BILINSKI et al. (1974) kann iogenes Blei (II) in natürlichen Gewässern nur bis zu einer Maximalkonzentration von ca. 80 $\mu\text{g/l}$ vorkommen. Untersuchungen von KOPPE (1973), der in einem Flußabschnitt des Ruhreinzugsgebietes einige Wochen lang Zink- und Bleisalze an einer Stelle eingeleitet hat, zeigen, daß der Bleigehalt im Wasser sehr rasch abnimmt. Als Begründung für diese Immobilisierung gibt er an, daß ein kleiner Anteil durch submerse Pflanzen und andere Wasserorganismen inkorporiert wird; der überwiegende Teil reichert sich durch Adsorption an Sinkstoffen im Sediment an. Im Meerwasser ist durch Fällungsreaktionen der Bleigehalt mit 0.02 bis 0.11 $\mu\text{g/l}$ sehr gering (TATSUMOTO und PATTERSON 1963).

Im Siegenbach (Quellfluß der Werse) wurde der hohe Bleigehalt von 180 $\mu\text{g/l}$ im Wasser gefunden. Dies steht nicht im Widerspruch zu dem soeben Gesagten. Der Grund liegt vielmehr darin, daß die Wasserprobe in unmittelbarer Nähe eines Industriebetriebes in Beckum entnommen wurde, wo die erwähnten Immobilisationsreaktionen noch nicht voll wirksam werden konnten. Im Sediment an derselben Stelle wurde der extreme Wert von 8500 mg/kg nachgewiesen. Wenige Kilometer flußabwärts ist der Sedimentgehalt bereits wieder auf 260 mg/kg abgesunken.

Überdurchschnittlich belastet (bis 205 mg/kg) sind die Ablagerungen der Münsterschen Aa, mäßig belastet (bis 132 mg/kg) die Steinfurter Aa.

Alle anderen Flüsse müssen als gering kontaminiert betrachtet werden, wobei es jedoch, wie z.B. in der Ibbenbürener Aa, nach Industriegebieten (Ibbenbüren) zu kurzfristigen Erhöhungen kommen kann.

Von den großen Flüssen ist die Elbe sehr stark belastet; hier wurden Bleianreicherungen bis 650 mg/kg gefunden. Die mit Abstand höchsten Gehalte finden sich in der Saar (MEISCH et al. 1978). In den Sedimenten der Aller, einem Nebenfluß der Weser, wurde der ebenfalls sehr hohe Wert von 1200 mg/kg gemessen (FÖRSTNER und MÜLLER 1974; BANAT et al. 1972).

Tab. 28:

Durchschnitts-, niedrigste und höchste Bleigehalte in der Tonfraktion der Sedimente in mg/kg (BANAT et al. 1972)

	min.	Ø	max.
Rhein	83	251	566
Main	50	218	650
Neckar	60	221	305
Donau	81	156	312
Ems	70	112	175
Weser	150	241	405
Elbe	150	430	712

CADMIUM:

Cadmium und seine Verbindungen werden erst seit etwa 30 Jahren in größerem Umfang verwendet. Die industrielle Nutzung liegt vor allen Dingen in folgenden Bereichen: Herstellung von Pigmenten, Batterien, Galvanotechnik, Düngemittel- und Saatbeizenfabrikation, Emaillierung und Kunststofffabrikation (PVC).

Mit Sicherheit gehört Cadmium zu den stärksten Giften in unserer Umwelt. Im Rahmen dieser Arbeit kann nicht auf die Toxikologie dieses Elements eingegangen werden. In diesem Zusammenhang sei die Arbeit von OHNESORGE (1973), HABERER und NORMANN (1971) und WACHS (1978) erwähnt.

Der Cadmiumgehalt unkontaminierter Quellwässer bewegt sich in der Größenordnung bis $0.5 \mu\text{g/l}$. Der globale Mittelwert des Cadmium-backgrounds der Oberflächenwässer liegt bei $0.2 \mu\text{g/l}$ (sh. Tab 24).

In einer Zusammenstellung aus verfügbaren Analysendaten verschiedener Autoren gibt FASSBENDER (1975) den Cadmiumgehalt von Flußwasser mit 0.5 bis $10.0 \mu\text{g/l}$, Meerwasser mit 0.05 bis $3.2 \mu\text{g/l}$ und den der Fluß- und Seewassersedimente mit 10 bis 430 mg/kg an.

Bis 1971 wurde nach WACHS (1978) im Rhein eine mittlere

Konzentration von 5 $\mu\text{g/l}$ gefunden. Seitdem ist eine laufende Verminderung der Cadmium-Belastung festzustellen. 1975 betrug der Mittelwert nur noch 2 $\mu\text{g/l}$. REICHERT (1973) findet in den Jahren 1971 - 1972 im Rhein zwischen Karlsruhe und Emmerich Cadmiumgehalte von 1.3 bis 8.3 $\mu\text{g/l}$.

Belgischen Angaben (BOUQUIAUX 1974) zufolge, enthalten sehr saubere Flüsse maximal 1.2 $\mu\text{g/l}$ Cadmium bei einem Mittelwert von etwa 0.5 $\mu\text{g/l}$. Verschmutzte Flüsse enthalten bis 10 $\mu\text{g/l}$ (Mittelwert 2 - 3 $\mu\text{g/l}$).

In den Sedimenten kann Cadmium um den Faktor 5000 bis 50 000 angereichert werden (GARDINER 1974).

BANAT et al. (1972) findet in den großen deutschen Flüssen Anreicherungsfaktoren bis 300.

Tab. 29:

Durchschnitts-, niedrigste und höchste Cadmiumgehalte (mg/kg) in der Tonfraktion der Sedimente (BANAT et al. 1972)

	min.	ϕ	max.
Rhein	3	9	23
Main	6	12	19
Neckar	5	37	88
Donau	7	14	29
Ems	7	10	17
Weser	6	14	23
Elbe	15	21	25

Die untersuchten Oberflächengewässer Westfalens können bis auf wenige lokale Stellen als unbelastet gelten. Leicht belastet ist das Wasser der Münsterschen Aa bei der Mündung in die Ems, stärker erhöht ist der Cadmiumgehalt in der Werse: hier wiederum besonders der Siegenbach in Beckum mit $2.0 \mu\text{g/l}$ und nach Drensteinfurt mit $5.2 \mu\text{g/l}$.

Gering belastet ist das Sediment der Steinfurter Aa und der Unterlauf der Ibbenbürener Aa. Die höchsten Cadmium-Anteile wurden im Sediment der Werse, vor allem im Siegenbach in Beckum, mit 31.5 mg/kg gemessen.

KUPFER:

In natürlichen Fließgewässern schwankt der Kupfergehalt zwischen 5 und $20 \mu\text{g/l}$ (MCKIM et al. 1974). Dieser Wert wird in keinem der hier untersuchten Oberflächenwasser überschritten. Dagegen schwankte der Gehalt an Kupfer in den Sedimenten in weiten Grenzen. Hier konzentrieren sich die Belastungen auf den Unterlauf der Münsterschen Aa, den Siegenbach als Quellfluß der Werse (187.0 mg/kg), den Mittel- und Unterlauf der Steinfurter Aa ($50.0 - 123.0 \text{ mg/kg}$) sowie in der Ibbenbürener Aa nach Ibbenbüren. Hier wird der höchste Kupfergehalt mit 230.0 mg/kg gemessen.

Zu Vergleichszwecken sollen Daten anderer Gewässer und

Autoren herangezogen werden.

GEORGOTAS und UDLUFT (1973) finden 1970 in der Fränkischen Saale Kupferwerte zwischen 4.6 und 6.2 $\mu\text{g/l}$. Im Rhein werden von REICHERT (1973) in Schöpfproben ufernaher Bereiche Mengen von 9.9 bis 31.8 $\mu\text{g/l}$ festgestellt. BORNEFF (1972) findet im Rhein einen Durchschnittsgehalt von 30.0 $\mu\text{g/l}$. BAAIJ (1973) berechnete für den Rhein aus den Mittelwerten von Gesamtmetall und Abflußmenge in Lobith-Emmerich eine Kupferfracht von 7 t/Tag.

In den Sedimenten deutscher Flüsse findet sich Kupfer in folgenden Mengen:

Tab. 30:

Durchschnitts-, niedrigste und höchste Kupfergehalte (mg/kg) in der Tonfraktion der Sedimente (BANAT et al. 1972)			
	min.	ϕ	max.
Rhein	42	192	408
Main	30	208	475
Neckar	25	203	335
Donau	50	232	500
Ems	20	55	114
Weser	25	115	210
Elbe	80	161	220

KOBALT und NICKEL:

Der Gehalt in unbelasteten Gewässern liegt bei 0.2 µg/l Kobalt und 3.0 µg/l Nickel (Tab.24). Die untersuchten Oberflächengewässer Westfalens sind mit Gehalten von 0.4 bis 1.8 µg/l Kobalt und 3.0 bis 10.0 µg/l Nickel sehr gering mit diesen Schwermetallen belastet. Ausnahmen machen die Münstersche Aa bei Münster-Sprakel (3.0 µg/l Kobalt), die Werse, wo der Kobaltgehalt nach Drensteinfurt auf 7.4 µg/l und der Nickelgehalt nach Ahlen auf 36.0 µg/l ansteigt. Relativ stark belastet ist die Ibbenbürener Aa ab Ibbenbüren: hier wurden Werte von 158.0 µg/l Kobalt und 59.0 µg/l Nickel gemessen.

In den Sedimenten wurde Kobalt nicht bestimmt. Mäßige Belastung durch Nickel finden sich in den Anlagerungen der Ibbenbürener Aa (bis 71.5 mg/kg). Die stärkste Kontamination weist wiederum der Siegenbach in Beckum auf (228.0 mg/kg).

In den von BANAT et al. (1972) untersuchten Gewässern wurden folgende Gehalte gefunden:

Tab. 31:

Durchschnitts-, niedrigster und höchster
Nickelgehalt (mg/kg) in der Tonfraktion der
Sedimente (BANAT et al. 1972)

	min.	Ø	max.
Rhein	50	164	416
Main	77	128	266
Neckar	83	115	136
Donau	96	125	165
Ems	77	104	123
Weser	72	98	148
Elbe	110	126	137

CHROM:

Chrom gehört innerhalb der Schwermetalle zu den sehr toxischen Elementen. Hier ist besonders die 6-wertige Form des Chroms zu nennen, die in saurem Milieu stark oxidierend wirkt, während die 3-wertigen Chromsalze diese toxischen Wirkungen nicht zeigen (GESUNDHEITSSCHÄDLICHE ARBEITSTOFFE 1978).

Nach LÄNGARD und NORSETH (1979) wird Chrom (VI) sehr viel leichter über den Gastrointestinaltrakt aufgenommen als Chrom (III), wobei der Hauptanteil durch die Nahrungsmittel in Mengen von ca. 30 - 100 µg täglich aufgenommen wird (SCHLETTWEIN-GSELL und MOMMSEN-STRAUB 1973).

Chromsalze werden in vielen Industriezweigen verwendet: z.B. Galvanotechnik, Leder- und Textilindustrie, Stahlwerke und Gießereien. Der Rhein führt durch die Abwässer dieser Industrien eine tägliche Chromfracht von 14 Tonnen mit sich (BAAIJ 1973).

REICHERT (1973) findet im Rheinwasser Chrommengen von 2.9 bis 37.4 $\mu\text{g/l}$, im Main schwanken die Werte von 1.0 bis 33.9 $\mu\text{g/l}$.

LODEMANN und BUKENBERGER (1973) ermitteln als natürliche Chrombelastung der Quellwässer des Neckareinzugsgebietes 1.0 bis 5.0 $\mu\text{g/l}$. Im Neckarwasser selbst stiegen die Werte auf 6.0 bis 150.0 $\mu\text{g/l}$. Ebenfalls sehr hohe Chromgehalte finden FÖRSTNER und MÜLLER (1974) in der Weschnitz, einem Nebenfluß des Rheins; die Klärabwässer eines lederverarbeitenden Großbetriebes enthalten 110 $\mu\text{g/l}$. Unterhalb des Klärabwasserzuflusses nehmen die Chromanteile wieder rasch ab; dies steht in Übereinstimmung mit BAAIJ (1973), der bei Analysen des Rheinwassers feststellt, daß besonders Chrom sehr stark an den Schlamm gebunden ist.

In den Flußsedimenten werden von BANAT et al. (1972) folgende Ergebnisse ermittelt.

Tab. 32:

Durchschnitts-, niedrigste und höchste Chromgehalte (mg/kg) in der Tonfraktion der Sedimente (BANAT et al. 1972)

	min.	Ø	max.
Rhein	33	330	1195
Main	100	211	441
Neckar	90	382	780
Donau	56	187	581
Ems	101	134	206
Weser	100	281	860
Elbe	110	175	242

Bei den eigenen Messungen wurden in den meisten der untersuchten Oberflächenwässer Chromwerte zwischen 0.5 µg/l und 6.6 µg/l gefunden. Gering belastet ist die Werse hinter Ahlen; hier steigt der Gehalt kurzfristig auf 8.2 µg/l an. Eine hohe Chrombelastung wurde nach Ibbenbüren in der Ibbenbürener Aa festgestellt (56.2 µg/l); in den nachfolgenden Wasserproben war der Gehalt bereits wieder unter die Nachweisgrenze gefallen.

Legt man den Tongesteinstandard von TUREKIAN und WEDE-POHL (1961) mit 96 mg/kg Chrom zugrunde, so muß von einer hohen Chrombelastung des Sediments im Siegenbach in Beckum mit 575 mg/kg gesprochen werden. Im weiteren Flußverlauf werden keine Belastungspunkte mehr gefunden. In der Ibbenbürener Aa korreliert der Chromgehalt im Wasser mit dem Gehalt im Sediment. Nach Ibbenbüren steigt der Gehalt auf

325.0 mg/kg, um dann sofort wieder auf Werte abzufallen, die als unbelastet zu bezeichnen sind.

Die Auswertung der vorliegenden Daten zeigt, daß die Schwermetallgehalte der Oberflächenwässer in dicht besiedelten bzw. industrialisierten Gebieten ansteigen.

Nachdem über die Toxizität der Schwermetalle, teils durch die erwähnten Unglücksfälle, keine Zweifel bestanden, wurden von vielen Ländern Richtlinien erlassen, die die Menge der Spurenelemente in Oberflächenwässern begrenzen sollen.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden von der DVGW (1975) im Arbeitsblatt W 151 die Grenzwerte A für Oberflächengewässer, bis zu denen allein durch natürliche Gewinnungs- und Aufbereitungsverfahren Trinkwasser hergestellt werden kann, festgelegt.

Tab. 33:

Grenzwerte A im DVGW Arbeitsblatt W 151	
Schwermetall	Grenzwert A
Cadmium	5 µg/l
Chrom	30 µg/l
Blei	30 µg/l
Kobalt	50 µg/l
Kupfer	30 µg/l
Nickel	30 µg/l
Zink	500 µg/l

In den Richtlinien des EG-Rates vom 16.6.1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer werden folgende Grenzwerte vorgeschlagen:

Tab. 34:

Grenzwerte des EG-Rates für Oberflächengewässer in µg/l	
Schwermetall	Grenzwert
Blei	50
Chrom	50
Cadmium	1
Kobalt	--
Kupfer	20
Nickel	--
Zink	500

Diese Werte der Grenzwertgruppe A des DVGW-Arbeitsblattes W 151 und der EG-Richtlinien wurden größtenteils nicht erreicht. Ausnahmen machen nur die Werse mit lokalen Maximalkonzentrationen an Blei, Cadmium und Zink, sowie die Ibbenbürener Aa mit Chrom, Kobalt und Nickel.

Tab. 35:

Maximal aufgetretene Einzelkonzentrationen der Schwermetalle in der Werse und Ibben- bürener Aa in µg/l		
Schwermetall	max. Einzelkonzentrationen	
Chrom	56.2	(Ibbenbürener Aa)
Kobalt	158.0	"
Nickel	59.0	"
Cadmium	5.2	(Werse)
Blei	180.0	"
Zink	1350.0	"

Die Ökologie dieser beiden Gewässer ist an den genannten Stellen (s. Tab. 6 u. Tab. 14) durch den hohen Schwermetallgehalt sicher stark gestört. Für die Trinkwassergewinnung können sie aus demselben Grunde nicht herangezogen werden. Da diese hohen, genau lokalisierbaren Schwermetallkonzentrationen als Ausnahmen anzusehen sind, dürften sie jedoch zur Zeit kein ernsthaftes Problem darstellen, obwohl der größte Teil des benötigten Trinkwassers in dem untersuchten Gebiet durch aufbereitetes Oberflächenwasser gewonnen wird.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß bis auf die genannten wenigen Belastungspunkte die Gewässer im Raume Münster mit Schwermetallen noch relativ unbelastet sind. Die starken Schwermetallimmissionen im Bereich der Werse und der Ibbenbürener Aa bedürfen jedoch dringend einer durchgreifenden Verbesserung durch den Bau spezieller schwermetallabscheidender Kläranlagen.

E. ZUSAMMENFASSUNG

1. Aufgabe dieser Arbeit war es, in einigen Oberflächengewässern und Sedimenten in der Umgebung von Münster Schwermetalle nachzuweisen und Belastungspunkte aufzuzeigen.
2. Belastungspunkte für das Wasser wurden nur in der Werse und der Ibbenbürener Aa gefunden. Hier konzentrieren sich die Schwermetallgehalte in den Industriegebieten bei Beckum, Ahlen und Ibbenbüren. Hauptmetalle in der Werse sind Zink, Blei, Cadmium und Nickel; in der Ibbenbürener Aa sind Eisen, Mangan, Chrom, Kobalt und Nickel vorherrschend.
3. Die Belastungen der Sedimente korrelieren größtenteils mit denen des Wassers. Hier sind wiederum der Siegenbach als Quellfluß der Werse (Zink, Blei, Cadmium, Chrom und Nickel) und die Ibbenbürener Aa (Zink, Blei, Kupfer, Chrom und Nickel) zu nennen. Weitere sedimentäre Schwermetallbelastungen finden sich in der Münsterischen Aa (Zink, Blei und Kupfer), in der Steinfurter Aa (Blei, Kupfer und Chrom), im Unterlauf des Emmerbaches (Blei und Kupfer) sowie in der Vechte bei Wellbergen (Blei und Kupfer).
4. In den anderen Oberflächengewässern sind die Schwermetallgehalte so niedrig, daß von einer Belastung nicht gesprochen werden kann.

5. Unter dem Aspekt einer gesunden Gewässerbiozönose, als auch der zunehmenden Trinkwassergewinnung aus Oberflächenwässern, muß eine Fernhaltung solch toxischer Stoffe, wie sie die Schwermetalle darstellen, unbedingt gefordert werden. Daß zum Thema Umweltschutz noch einiges zu leisten ist, zeigen die jüngsten Ereignisse im Raum Goslar, wo besonders die Orte Oker und Harlingerode durch Blei- und Cadmiumemissionen der dort ansässigen Industrie belastet sind.

F. LITERATURVERZEICHNIS

- ANONYMUS: Trinkwasser aus Flüssen, Forum Städte-
hygiene, 4, 108-109, (1977).
- BAAIJ, P.K.: Verschiedene Programme der Bestimmung
von Schwermetallen in Holland, Gefähr-
dung von Grund- u. Oberflächenwässern
durch Gifte und Reststoffe aus Abwasser
und Ablagerungen.
Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 10,
391-402, (1973).
- BANAT, K., Schwermetalle in Sedimenten von Donau,
FÖRSTNER, U., Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich
MÜLLER, G.: der Bundesrepublik Deutschland.
Die Naturwissenschaften 59, 525-528,
(1972).
- BILINSKI, H., Kupfer und Blei in natürlichen Gewässern.
SCHINDLER, P., Vom Wasser 43, 107-116, (1974).
STUMM, W.,
ZOBRIST, J.:
- BORNEFF, J.: Forderungen an die Reinhaltung unserer
Binnengewässer aus hygienischer Sicht.
In H. SCHULTZE (Hrsg.), Umwelt-Report
"Unser verschmutzter Planet", Frankfurt:
Umschau-Verlag, 87-91 (1972).

- BOUQUIAUX, J.: Mercury and Cadmium in the Environment.
First results of an enquiry on an
European scale.
In den Tagungsberichten: Problems of
the contamination of man and his en-
vironment by mercury and cadmium 1,
23-46, (1974).
- DEGENHARD, K.H.: Teratologische Probleme der Umweltver-
schmutzung.
In: H. SCHULTZE (Hrsg.), Umwelt-Report
"Unser verschmutzter Planet", Frankfurt:
Umschau-Verlag, 87-91 (1972).
- DIETZ, F.: Die Anreicherung von Schwermetallen in
submersen Pflanzen
GWf-Wasser/Abwasser 113, 269-273, (1972).
- DVGW Regelwerk: Eignung von Oberflächenwasser als Roh-
stoff für die Trinkwasserversorgung,
Techn. Regeln, Arbeitsblatt W 151, Mai
1975, ZfGW-Verlag GmbH, Frankfurt.
- FASSBENDER, C.P.: Zur Umwelthygienischen Bedeutung des
Schwermetalls Cadmium
Umweltschutz 6, 168-170, (1975).

- FÖRSTNER, U.,
MÜLLER, G.: Schwermetalle in Flüssen und Seen
als Ausdruck der Umweltverschmutzung,
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg,
New York, (1974).
- GARDINER, J.: The chemistry of Cadmium in natural
water; II. The adsorption of Cadmium
on river muds and naturally occurring
solids
Water Research 8, 157-164, (1974).
- GEORGOTAS, N.
UDLUFT, P.: Schwermetallgehalt und Mineralisation
der fränkischen Saale in Abhängigkeit
von der Wasserführung
Z. Deutsch. Geol. Ges. 124, 545-554
(1973).
- GESUNDHEITSSCHÄD-
LICHE ARBEITSTOFFE: Herausgeber: Dr. D. Heuschler,
Verlag: Chemie, Weinheim (1978).
- HABERER, K.: Trinkwasser im Umweltschutz
II. Abwendung der Gefahren
GWf-Wasser/Abwasser 113, 556-561,
(1972).
- HABERER, K.,
NORMANN, S.: Metallsuren im Wasser - ihre Herkunft
Wirkung und Verbreitung
"Vom Wasser" 38, 157-182, (1971).

- HABERER, K., Die Bedeutung der Metallspuren in den
NORMANN, S.: Gewässern für die Trinkwasserversorgung
GWF-Wasser/Abwasser 113, 382-386, (1972).
- HARADA, M., Minamata Disease: A Medical Report
SMITH, A.M.: In: Minamata, a Warning to the World,
London 1975, 180-192.
- KOBAYASHI, J.: Relation between the "Itai Itai" Disease
and the Pollution of River Water by Cad-
mium from a Mine.
Adv. Water Poll. Res., Proc. 5th Intern.
Conf. San Francisco and Hawaii 1970,
Vol. I, 1-7, (1971).
- KOCH, E.R., Seveso ist überall. Die tödlichen Risi-
VAHRENHOLT, F.: ken der Chemie, Köln, 132-144, (1978).
- KÖLLE, W., Aspekte der Belastung des Rheins mit
DORTH, K., Schwermetallen
SMIRICZ, G., "Vom Wasser" 38, 183-196, (1971).
SONTHEIMER, H.:
- KOPPE, P.: Untersuchungen über das Verhalten von
Inhaltsstoffen der Abwässer der metall-
verarbeitenden Industrie im Wasserkreis-
lauf und ihren Einfluß auf die Wasser-
versorgung
GWF-Wasser/Abwasser 114, 170-175, (1973).

- LÄNGARD, S., Chromium
- NORSETH, T.: Handbook on the Toxicology of Metals,
edited by L. FRIBERG et al., Elsevier/
North-Holland Biomedical Press, 383-397,
(1979).
- LODEMANN, C.K.W., Schwermetallspuren im Bereich des oberen
BUKENBERGER, U.: Neckar
GWf-Wasser/Abwasser 114, 478-487, (1973).
- MCKIM, J., Duration of toxicity tests for estab-
BENOIT, M., lishing "no effect" concentration for
DUANE, A.: copper with brook trout
J. Fish. Res. Board Can. Vol 31,
449-452, (1974).
- MEISCH, H.U., Schwermetalle in Sedimenten der Saar.
- REINLE, W., Dtische Gewässerkd. Mitt. 22, 2-8,
BIEBIG, H.J.: (1978).
- MÜLLER, G., Cadmium-Anreicherung in Neckarfischen
FÖRSTNER, U.: Naturwissenschaften 60, 258-259, (1973).
- OHNESORGE, F.K.: Zur Toxizität von Cadmium
Hygienisch-toxikologische Bewertung
von Trinkwasserinhaltsstoffen
Schriftenreihe des Vereins für Wasser-,
Boden- und Lufthygiene, 40, 131-147,
(1973).

REICHERT, J.K.: Untersuchungen von Fließgewässern auf Spurenelemente (Metalle-Metalloide)
Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 10,
377-389, (1973).

Richtlinien des EG-Rates vom 16.6.1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten

SCHLEICHERT, V., Auftreten und Herkunft von Zink
HELLMANN, H.: in Gewässern
Literaturbericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
(1973).

SCHLETTWEIN-GSELL, D., Int. Z. Vitam. Ernährungsforsch.
MOMMSEN-STRAUB, S.: Beiheft 13, (1973).

SCHULZ-BALDES, M.: Marine Biology 16, 226, (1972).

TATSUMOTO, M., Concentrations of Common Lead in
PATTERSON, C.C.: some Atlantic and Mediterranean
waters and Snow
Nature 199, 350-356, (1963).

- TUREKIAN, K.K.: The Oceans, Streams and Atmosphere
In: WEDEPOHL, K.H., Handbook of Geo-
chemistry, Vol. I, 297-323, (1969).
- TUREKIAN, K.K., Distribution of the Elements
WEDEPOHL, K.H.: Major Units of the Earth's Crust
Bull. Geol. Soc. Am. 72, 175-192, (1961).
- UDOVOV, P.A., Certain Regularities of Migration of
PARILOV, Y.S.: Metals in Natural Water
Geochemistry 8, 763, (1961).
- WACHS, B.: Kontamination der Oberflächengewässer
durch Cadmium
In: Schadstoffe im Oberflächenwasser
und im Abwasser, Münchner Beiträge zur
Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
30, 85-119, (1978).
- WEBB, J.S.: Regional Geochemical Reconnaissance
in Medical Geography
In: Cannon, H.L. and Hopps, H.C. (Eds.),
Environmental Geochemistry in Health
and Disease
The Geol. Soc. Am. Mem., 123, 31-42,
(1971).

WEDEPOHL, L.H.:

Zinc

Abundance in Natural Waters and in the
Atmosphere.

In: WEDEPOHL, K.H. (Ed.), Handbook of
Geochemistry, Vol. II/3, (1972).

ZÜLLIG, H.:

Sedimente als Ausdruck des Zustandes
eines Gewässers

Schweiz. Z. Hydrologie 18, 7-143, (1956).

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. H. Bösenberg für die freundliche Überlassung des Arbeitsplatzes danken.

Ganz besonderen Dank möchte ich Herrn Dr. W. Mathys für seine Anleitung und seine Anregungen bei der Bearbeitung dieses Themas aussprechen.

L e b e n s l a u f

Am 27. Februar 1942 wurde ich, Herbert Höna, als zweites Kind des kaufmännischen Angestellten Hermann Höna und seiner Ehefrau Anna, geb. Schimak, in Pömmelerle/Aussig a.d. Elbe geboren.

Nach Volksschule, vier Jahren Oberrealschule und zwei Jahren an der Städt. Wirtschaftsaufbauschule in Passau, die ich 1960 mit der Mittleren Reife abschloß, besuchte ich das Technikum für Chemie und Physik in Isny/Allgäu, um mich zum Chemotechniker ausbilden zu lassen. Von 1963 - 1965 war ich im Labor einer metallverarbeitenden Fabrik in Passau tätig.

In den Jahren 1965 - 1967 leistete ich meinen Wehrdienst als Zeitsoldat ab. Nach dem Ableben meiner Eltern, zog ich nach Regensburg und arbeitete dort im Labor einer pharmazeutischen Fabrik.

Seit August 1968 bin ich mit Helga Hasreiter verheiratet.

Im September 1968 begann ich an der Naturwissenschaftlichen Akademie in Isny mit dem Studium der Chemie, das ich im November 1971 als Ingenieur für Chemie abschloß.

1972 bekam ich die Zulassung zum Studium der Humanmedizin an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster. Im Mai 1979 konnte ich die Ärztliche Prüfung abschließen und erhielt die Approbation als Arzt.

Seit Anfang September 1979 arbeite ich als Assistenzarzt in einer chirurgischen Klinik in Regensburg.

